U d'/of OTTAWA
39003004837281

U. M. I.
OTTAWIENSIS

Digitized by the Internet Archive
in 2011 with funding from
University of Toronto

http://www.archive.org/details/osommesnous00more

Abbé Th. MOREUX

OÙ SOMMES NOUS?

…IS 5, RUE BAYARD.

Th Moreux

ABBÉ TH. MOREUX.

Directeur de l'Observatoire de Bourges

Où sommes-nous ?

DESSINS ET PHOTOGRAPHIES DE L'AUTEUR

ADVENIAT REGNUM TUUM !

MAISON DE LA BONNE PRESSE

PARIS

5, rue Bayard, 5

Universitas
BIBLIOTHECA
Ottaviensis

Nihil obstat.

Parisiis, die 3 aprilis 1911.

O. Roland-Gosselin,
can. hon.

IMPRIMATUR

Parisiis, die 3 aprilis 1911.

P. Fages,
vic. gen.

NOUVELLE COLLECTION SCIENTIFIQUE DE LA BONNE PRESSE

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

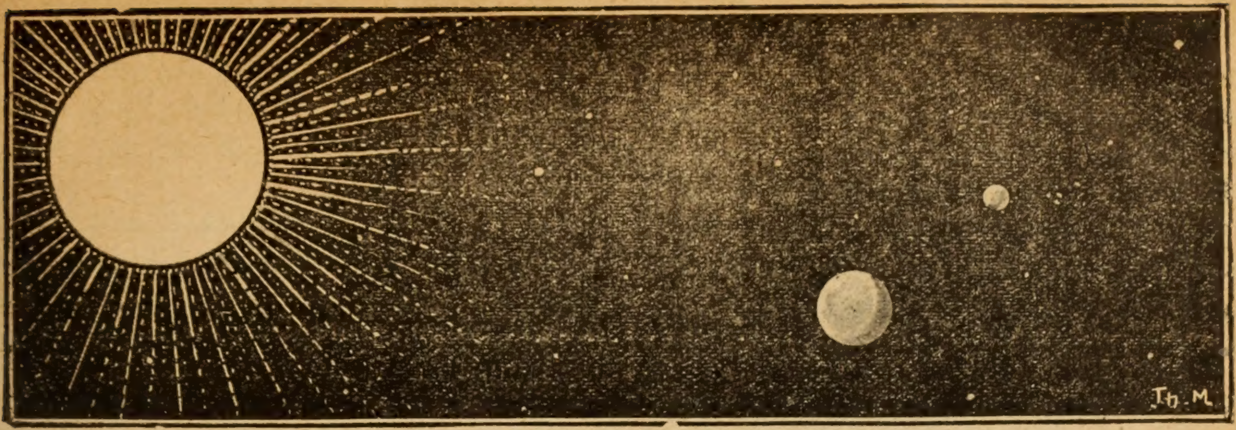
D'où venons-nous?

Qui sommes-nous?

Où sommes-nous?

Où allons-nous?

QB
44
.M60
1911
c.1



CHAPITRE PREMIER

OU SOMMES-NOUS ?

QUELLE étrange sensation je viens d'éprouver!

En cette nuit froide de décembre, alors que la Lune, répandant une dernière lueur sur le paysage endormi, effleurait l'horizon de son large croissant aux tons cuivrés, je suis monté à l'Observatoire et j'ai dirigé mon télescope sur la planète Mars.

Semblable à un rubis étincelant, elle trône dans le ciel, non loin de Saturne aux anneaux dorés.

Il y a quelques mois à peine, elle était près de nous, et maintenant, la voici qui s'enfonce lentement dans les profondeurs célestes.

Mystérieux îlot perdu au sein de l'immensité, n'es-tu pas comme une énigme sans cesse renaissante offerte à notre science aux abois?

Pendant des semaines, tu as présenté aux astronomes terriens tes configurations bizarres, tes couleurs variées; tous les Observatoires ont tourné vers toi leurs instruments : appareils photographiques, modestes lunettes, télescopes géants; pendant plusieurs mois, nous avons essayé de surprendre tes secrets, et de nouveau, sans daigner nous satisfaire, tu continues ta course sur le chemin que te montre Celui qui dicte aux soleils des règles inexorables.

L'œil à l'oculaire, pendant cette nuit glaciale de décembre, j'ai poursuivi mes dernières recherches, j'ai contemplé des heures durant cette terre du ciel; j'ai dessiné ses pôles glacés, j'ai fixé ses teintes nuancées à l'infini : bleus pâles de l'azur, verts tendres des prairies, bleus verdâtres des épaisses forêts, blancheurs de neige fraîchement tombée, jaunes orangés avec des pointes de bistre comme sur les cuivres anciens, couleurs atténuées des vieilles étoffes, j'ai tout noté et je n'ai pas encore compris.

Un à un, chaque détail est venu s'ajouter à ceux que j'avais aperçus les jours précédents. Bientôt je dresserai une carte martienne; un globe immaculé est là, sur ma table, attendant son emploi. Sur cette blanche sphère de stuc, j'alignerai ce que l'on est convenu d'appeler tes canaux, je distribuerai tes mers et tes oasis, je délimiterai tes continents ocreux, et, l'œil rêveur devant ces configurations, j'essayerai de pénétrer davantage le mystère que le ciel pose depuis des siècles à l'esprit humain.

Étoile sanglante des nuits de la Chaldée, je t'ai contemplée autrefois dans les déserts de l'Afrique; plus rouge qu'Aldébaran, l'œil du Taureau, tu regardais passer les caravanes s'enfonçant dans les steppes brûlés. Et maintenant te voilà rapprochée par mes instruments puissants; comme

en un défi voulu tu t'offres à moi dans toute ta splendeur, et je ne comprends pas encore.

Ici nous sommes plongés dans la nuit, tandis que chez toi, sur l'hémisphère tourné vers nous, il fait grand jour; seul un mince et obscur segment limite ton disque échancré : laisse mon esprit s'envoler vers cette plage lointaine que le Soleil ne touche pas encore!

. . . .

Et tout à coup, dans le religieux silence des choses muettes, par cette nuit glaciale de décembre, au milieu de cette nature endormie, sous la clarté scintillante des étoiles, je me suis senti emporté là-bas, sur cette obscure région martienne qui regardait la Terre. Je vis alors se déployer dans le ciel les mêmes constellations : Orion au Sud, la Grande Ourse non loin du pôle céleste; entre le Chariot et la Polaire, le Dragon déroulait ses anneaux; dans la blanche Voie lactée, la brillante Cassiopée étalait ses étoiles clignotantes.

En moins d'une minute, il m'a semblé franchir des millions de kilomètres, et cependant le ciel, celui que je connais et qui m'est bien familier, se dessine à mes yeux comme si je n'avais point quitté ma patrie terrestre.

N'aurais-je pas rêvé? Ne suis-je pas plutôt sur la Terre?

Non, car là-bas, près de mon nouvel horizon, brille un astre inconnu : goutte étincelante de lumière, on dirait notre étoile du Berger; un tout petit point lumineux l'accompagne.

Plus de doute, c'est la Terre avec la Lune, son satellite.

Un télescope me les montrerait sous la forme de croissants éclairés par le Soleil,

Le pôle céleste de l'hémisphère boréal.
(D'après une carte de l'Altas de FLAMSTEED.)

et quelques heures d'observations m'indiqueraient que cette Terre délaissée pour un instant se meut rapidement dans l'espace.

De l'observatoire que j'ai choisi, comme tu me parais minuscule, patrie aimée!

Globe infime, grain de poussière perdu dans le vide du ciel, tu tournoies sans cesse, emportant avec toi les générations qui se succèdent d'âge en âge.

A ta surface, la vie est apparue autrefois, et maintenant l'homme a pris possession de son domaine. Chaque jour, il explore des montagnes réputées jadis inaccessibles. Il s'est élancé à l'assaut de tes pôles qu'il commence à connaître. Il a sillonné tes mers et dressé des cartes de sa petite patrie. Il a fouillé tes entrailles pour en arracher les secrets; il a dénombré et délimité ses possessions; il connaîtra bientôt en détail la topographie du Globe où l'a rivé l'attraction, et lorsque son industrie aura établi ses usines, des régions tropicales jusqu'aux déserts glacés du Groenland, l'homme se reposera satisfait.

Tous les jours, le laboureur courbé sur le sillon voit le Soleil se lever à l'Orient, accomplir sa course, mûrir les moissons, rougir la grappe vermeille; chaque année, la trajectoire de l'astre subit alternativement les mêmes variations; tantôt il passe, élevé au-dessus de nos têtes, tantôt, l'hiver venu, ses rayons obliques suffisent à peine à éclairer la Terre.

Pourquoi ces changements?

Tous les mois environ, les phases de la Lune se succèdent dans le même ordre, sa douce clarté illumine nos nuits et guide le voyageur. Alors que le ciel semble tourner tout d'une pièce, la Lune se déplace parmi les constellations, tantôt précédant le Soleil annoncé par l'aurore, tantôt se couchant dans le crépuscule du soir. De quels éléments est composé ce globe mystérieux dont le disque, parsemé de taches, ressemble à un visage tourné vers la Terre?

Et ces étoiles qui scintillent là-haut, que sont-elles?

Et les comètes qui sillonnent l'espace, d'où viennent-elles?

Sur près de deux milliards d'hommes peuplant la Terre, combien se sont posé ces questions? Combien peu, sur un si grand nombre, se sont demandé où ils étaient!

Règle générale, l'homme reste passif devant la nature grandiose qui, de toutes parts, sollicite son esprit.

Pourrait-il en être autrement?

Qu'apprend-on à l'enfant dans nos écoles? Juste ce qui lui est nécessaire pour gagner sa vie.

L'étude de la nature lui est dispensée avec parcimonie.

Les merveilles de l'Univers, il ne les connaîtra jamais; ceux qui pourraient le lui enseigner auraient d'ailleurs le strict devoir de taire l'Auteur divin qui les a créées; ils lui diraient sans doute que la Nature aveugle a tout fait; c'est elle qui, sans le savoir, aurait tout ordonné vers une fin mystérieuse dont chaque jour nous dévoile un plan merveilleusement conçu et réalisé.

Ils enseigneraient à l'enfant ces théories décevantes où l'on essaye d'expliquer tout par le *hasard*, comme si le hasard n'avait pas été imaginé pour cacher notre ignorance des causes sans cesse en action dans l'Univers.

C'est aussi le hasard peut-être qui guide l'insecte dans des actes déconcertants pour notre science humaine?

Avez-vous vu travailler l'*Epeyre* de nos jardins? Savez-vous qu'en tissant sa toile cette araignée diligente accomplit son œuvre avec l'habileté consommée de nos ingénieurs?

S'agit-il, en effet, de poser, entre deux ou plusieurs points d'appui, une série de câbles destinés à supporter une charge donnée, posez le problème à de savants techniciens, ils parviendront à le résoudre après de nombreux et pénibles calculs.

Pour trouver semblable méthode, l'araignée ne fait point tant de façons; en une minute, elle a choisi son emplacement, tendu ses fils, agencé sa toile. Détruisez son œuvre et changez les conditions du problème, la bestiole recommencera en

variant ses points d'attache; elle n'hésitera jamais. Soumettez toutes ces formes aux discussions d'une savante analyse et toujours vous reconnaîtrez que le problème a été résolu d'une façon parfaite. Toujours l'araignée a obtenu la plus grande résistance avec le minimum de matière.

Et l'on voudrait nous faire croire qu'en la circonstance cette solution élégante est due au *hasard!* C'est lui qui aurait enseigné cet acte admirable à la première araignée et qui, par hérédité, l'aurait fixé dans ses descendants!

Ainsi que j'ai eu l'occasion de le dire dans la première partie de cet ouvrage, le *monisme* n'explique rien, car il constate le progrès sans en donner de raison suffisante.

Les lois de la nature ne sauraient se créer d'elles-mêmes, pas plus que la matière.

C'est Dieu qui les a conçues et qui les fait se réaliser chaque jour.

Lui seul est présent à tous les phénomènes, quelque petits qu'ils nous paraissent; c'est Lui qni préside à tous les événements.

Il règle la vie du ciron, comme il anime de son souffle celle des soleils lointains.

D'une pensée, il a tiré de rien toute la matière, et par sa seule volonté il la peut faire rentrer dans le néant.

Et de même qu'Il est le Créateur des lois physiques, Il est la seule vraie base de la loi morale.

Mais notre société actuelle s'ingénie à le cacher : chaque jour, on cherche à nous persuader de l'animalité de notre origine, pour mieux nous autoriser à vivre la vie de la brute.

On enseigne à l'enfant que les bonnes actions sont les actions utiles, ce qui revient à glorifier la loi du plus fort.

Et l'on voudrait que tout homme sain de corps et d'esprit ne se révoltât pas contre semblables doctrines!...

En France, l'enseignement de l'Astronomie a presque disparu des programmes. On préfère incliner l'âme de l'enfant vers la Terre et les choses matérielles, car, en élevant son regard vers le ciel, il serait tenté peut-être de découvrir sa céleste origine et l'Auteur de ces merveilles.

On lui fait entendre que tout finit ici-bas. Son corps, ce serait lui tout entier : lui, cette substance inerte que le chimiste analyse dans ses creusets; lui, cette matière cérébrale que le physiologiste découpe en lamelles, qu'il prépare à grands frais pour la soumettre à la puissance de ses microscopes; lui, cet ensemble de cellules vivantes qui toutes concourent à un but commun et qu'anime le même souffle.

C'est en vain que la science humaine a cherché à scruter la matière pour en dessiner le dernier atome, et il apparaît de plus en plus à nos physiciens que leurs yeux, aidés des plus formidables instruments, ne le rencontreront jamais; la dernière particule échappera toujours, très probablement, à l'imperfection de nos sens.

Et c'est cette même science qui s'étonne de ne pas apercevoir, de ses yeux impuissants, cette substance consciente et inétendue que Dieu a créée à son image, cette *âme* qui anime notre corps et lui donne la vie!

Si notre corps constituait notre *moi* tout entier, je comprendrais la morale sans Dieu et qu'il nous fallût vivre comme les animaux. Pourquoi l'homme chercherait-il à connaître le mystère de sa création; pourquoi s'occuper des astres, de l'Univers supraterrestre; pourquoi calculer les éclipses, analyser la route des comètes? De quelle utilité creuser le problème de nos origines ou approfondir le mécanisme de la Vie; pourquoi chercher à prolonger notre existence ou contribuer aux progrès de l'humanité, puisque demain nous ne serons plus; pourquoi nous ingénier à comprendre la constitution du monde si nous ne jouons aucun rôle, si nous ne donnons aucune note dans ce concert sublime chanté à la gloire du Créateur?

Peu importe notre place dans l'Univers, puisque, rivés à la terre, celle-ci nous engloutira bientôt dans son sein et dispersera nos éléments aux quatre vents du

ciel; puisque l'âme, d'après ces doctrines démoralisantes, ne serait qu'une entité inventée par la superstition des peuples !

En vérité, si nous ne sommes rien que de la matière, les conceptions purement intellectuelles ne sont point pour nous. La doctrine d'Épicure nous convient, la Terre seule est notre apanage; peu importe ce qui est à côté.

Celui-là seulement qui croit à l'existence de l'âme a le droit de se demander où il est, quel rôle il joue dans cet univers immense ouvert à ses investigations.

Seul, il a le droit d'apprécier sa supériorité sur ces mondes énormes tourbillonnant au-dessus de nos têtes, car en lui réside la *Pensée* qui le relie au divin Auteur de la nature.

Dans *D'où venons-nous ?* et dans *Qui sommes-nous ?* nous avons vu que, loin de pouvoir se passer de l'âme humaine, la science contemporaine, par ses déductions logiques, nous amène à prouver son existence.

L'homme peut donc se poser la question qui fait l'objet de ce chapitre : *Où sommes-nous ?*

Évidemment, nous sommes sur la Terre, mais la Terre elle-même, où est-elle ?

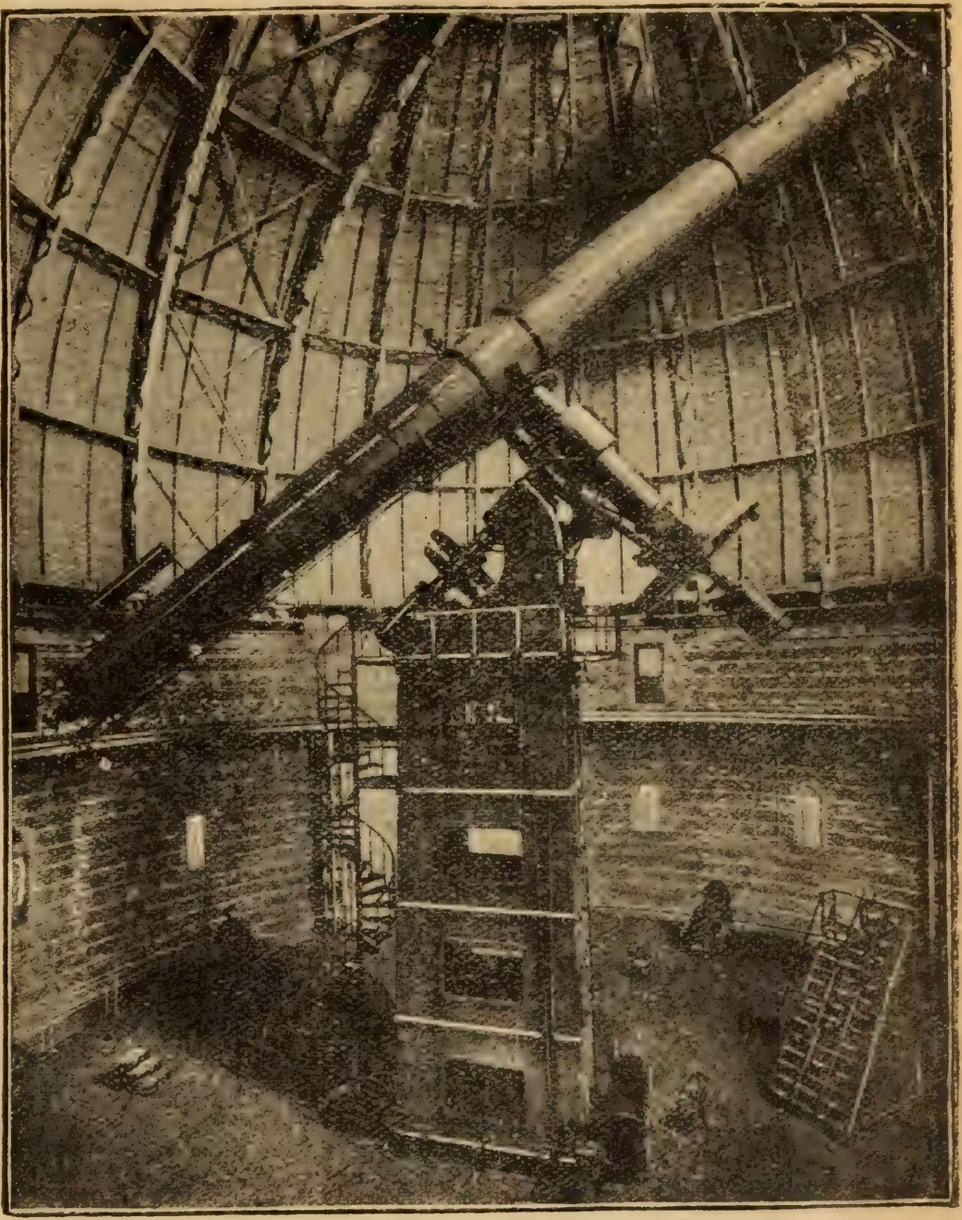
— Dans l'espace.

— Très bien. Faut-il encore préciser ?

Lorsqu'on désigne un endroit, on le fait par rapport à un lieu déterminé, on le ramène à un point de repère.

Il y a donc lieu de creuser le problème et de chercher à pénétrer plus avant.

Nous tournons autour du Soleil qui, à l'heure actuelle, répand chaleur et lumière sur les corps soumis à son attraction. Mais le Soleil n'est pas unique en son genre.



La grande lunette de l'Observatoire Yerkes en Amérique.

Le Soleil, l'Astronomie nous l'apprend, n'est qu'une simple étoile.

Or, les étoiles que nous enregistrons par millions sur nos plaques photographiques éclairent-elles d'autres planètes, d'autres mondes, des terres où la vie pourrait se développer comme sur la nôtre ? Autant de points d'interrogation que la science pose devant nous.

Il y a là des questions dignes d'intéres-

ser au plus haut point le penseur et le philosophe. Ce sont toutes ces questions qui vont nous occuper dans les chapitres suivants.

Une étude de notre propre séjour au point de vue astronomique s'impose donc avant tout.

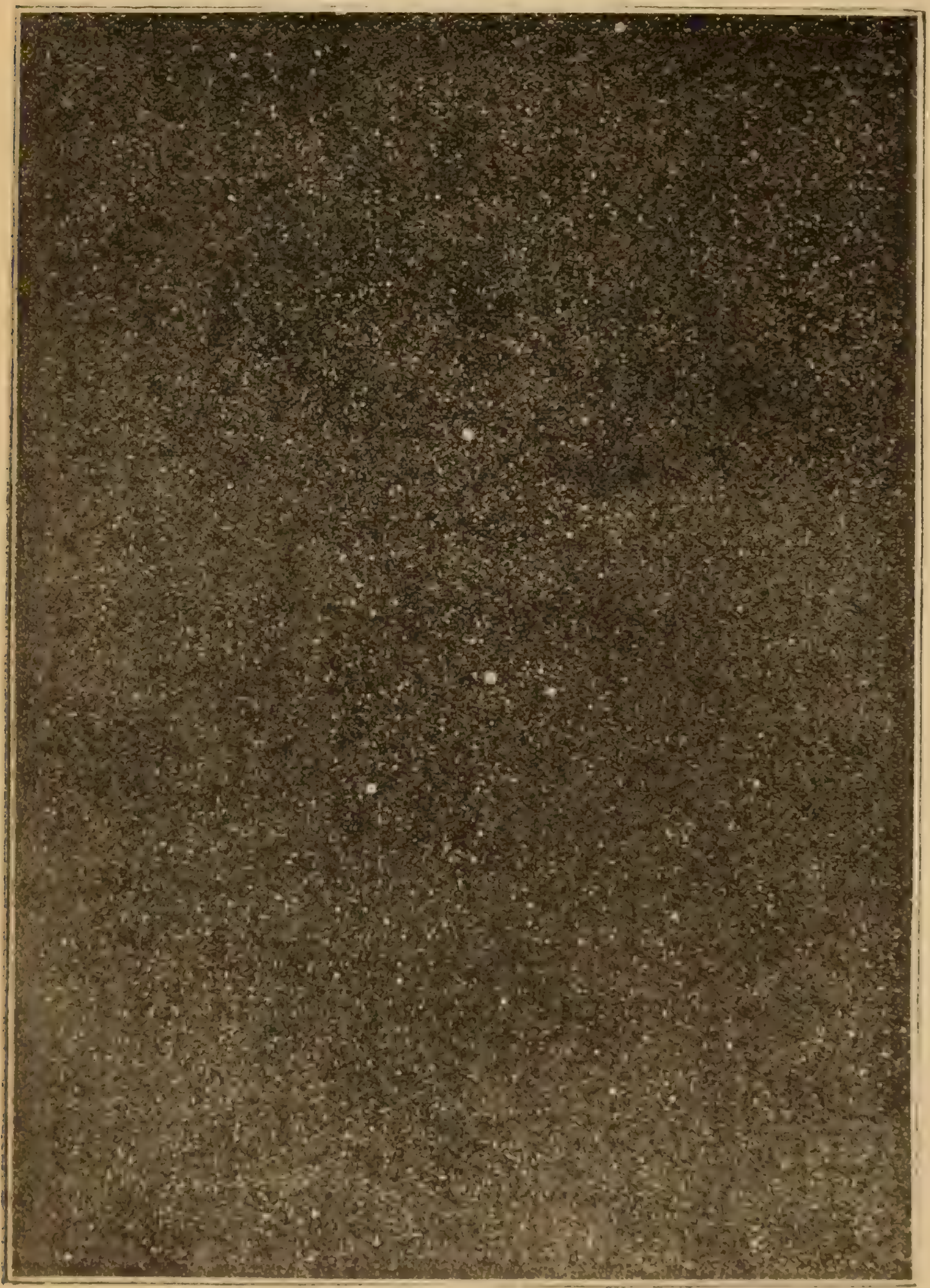
La Terre est une véritable boule isolée dans l'espace.

Cette vérité que notre science actuelle a mise hors de doute n'est pas neuve précisément. Les peuples anciens, beaucoup plus avancés en civilisation que veulent nous le faire croire nos historiens modernes, avaient des connaissances astronomiques très étendues.

Les philosophes grecs étaient de véritables ignorants en comparaison des prêtres égyptiens, et j'étonnerai sans doute plus d'un lecteur en leur disant que les recherches récentes opérées sur la grande pyramide de Chéops montrent que ses constructeurs étaient de grands astronomes.

Ils connaissaient la grosseur de la Terre, sa distance au Soleil, la durée de l'année solaire d'une façon précise, la marche exacte des planètes, et très probablement la densité de notre Globe. Leurs sciences naturelles étaient beaucoup moins avancées, et si le récit de la Genèse donné par Moïse nous étonne par sa merveilleuse concordance avec les faits les plus certains et les plus généraux constatés et mis en relief par la géologie moderne, il ne faudrait pas en conclure que l'auteur sacré a puisé cette connaissance dans la science de son époque; son savoir avait certainement une autre origine.

Il y a lieu de croire aussi, d'après certains faits, que la rotondité de la Terre n'était pas inconnue de quelques peuples très anciens.



Une région de la constellation du Cygne, d'après une photographie.
(Extrait du *Problème solaire*.)

Comment cette vérité s'obscurcit-elle aux temps de la Grèce antique et de la

La région de la page précédente vue à l'œil nu.

Rome païenne, c'est ce que d'autres essayeront de vous expliquer.

Toujours est-il que les écrits des Pères de l'Église font souvent mention, et sans ambiguïté, de la rotondité de la Terre et de sa situation isolée dans l'espace.

Saint Basile, qui vivait au IVe siècle, écrivait dans son commentaire sur la Genèse : « La Terre, dont l'étendue est si vaste et le poids si considérable, ne s'appuie que sur elle-même. » (IVe Homélie.) Ailleurs, il en donne la raison : « Il ne faut pas s'étonner si aucun soutien ne lui est nécessaire; elle est par son propre poids à la place qu'elle occupe. Ce serait contre sa nature de tomber plus bas, et il lui est aussi difficile de descendre que de s'élever. » (Ire Homélie.)

J'ai en ce moment le texte grec sous les yeux, il n'offre aucune ambiguïté.

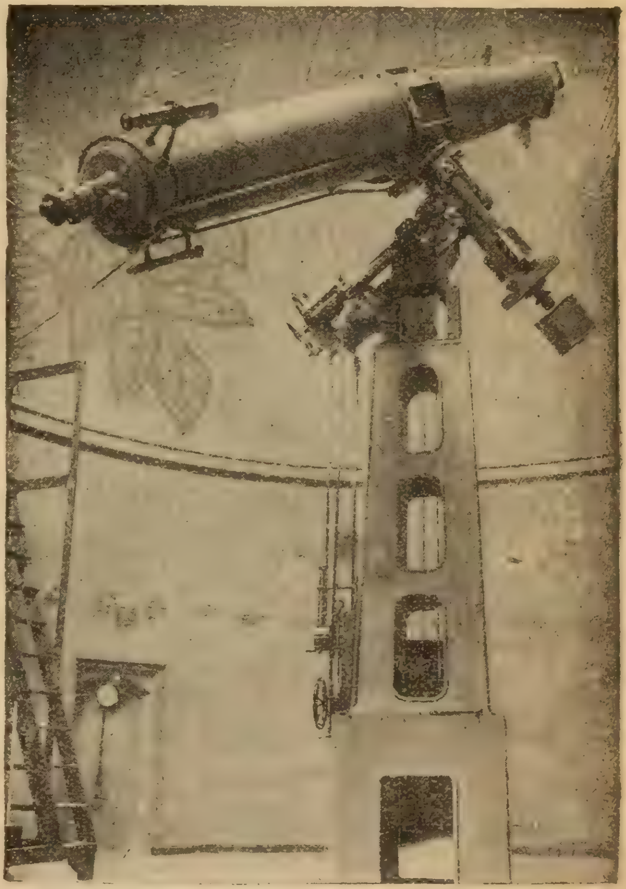
Le chanoine Copernic et même Galilée n'ont donc rien inventé; ils ont tout au plus précisé et remonté le courant de leur époque. Mais, bien avant eux, saint Ambroise avait enseigné la même doctrine, et il est bien curieux de voir avec quelle aisance il commente le texte de Job : « Dieu a suspendu la Terre dans le vide. »

Son illustre disciple saint Augustin enseignait les mêmes vérités. Dans son livre *De la Cité de Dieu*, il écrit cette phrase tout à fait significative : « La Terre se balance dans l'espace. »

En fait, notre science moderne ne saurait mieux s'exprimer, et en étudiant les mouvements dont notre Globe est animé, nous n'arriverons pas à un autre résultat.

Lorsque l'œuvre destructrice du Temps aura enfoui dans les entrailles du sol les monuments de nos civilisations européennes; lorsque, peut-être, de nouvelles hordes de barbares descendues de l'Asie centrale remplaceront nos générations qui se hâtent vers la décadence et la mort, l'esprit reprendra peu à peu ses droits et, lentement, il retrouvera ses anciennes provinces.

Et lorsqu'un archéologue de l'an 4000,



Le grand équatorial de l'Observatoire du Vatican.

attardé sur les ruines de nos Babylones modernes, exhumera d'antiques parchemins à demi rongés par les siècles, il sera tout étonné peut-être de constater que ses contemporains s'enorgueillissent de leurs découvertes. En supposant, par exemple,

qu'il soit parvenu à déchiffrer quelques lignes de cet ouvrage, il sera stupéfait de constater que longtemps avant lui on s'était imaginé que la Terre était le jouet dans l'espace de toutes les influences cosmiques. Et il conclura ce que nous savons nous-mêmes, c'est-à-dire que l'histoire est un perpétuel recommencement.

Continuons donc, sans nous lasser jamais, la recherche de la vérité, et loin de dédaigner les théories des philosophes anciens, ayons une pensée de reconnaissance pour ceux qui nous ont précédés, qui ont amassé les matériaux dont notre science se sert chaque jour, qui ont patiemment observé les faits et qui, ainsi, nous ont aidés à pénétrer plus avant vers la solution des grandes énigmes de l'Univers.

CHAPITRE II

NOTRE PLANÈTE

Lorsque l'auteur de la *Cité de Dieu*, il y a quinze siècles, enseignait à ses contemporains que la Terre se balance dans l'espace, il ne pouvait soupçonner toute la peine qu'éprouveraient les astronomes futurs à démontrer cette vérité.

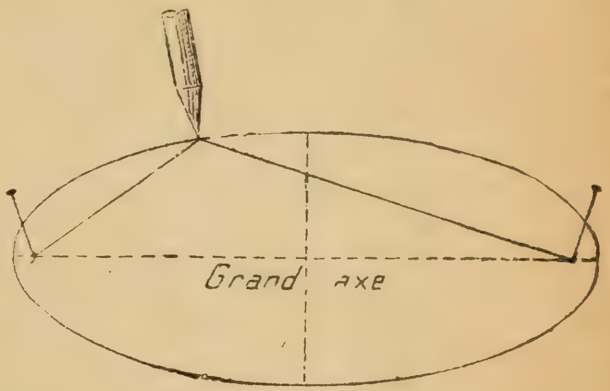
Maintenant, nous sommes à même de prouver que le Globe terrestre ressemble à une véritable bulle de savon cherchant sans cesse son équilibre et oscillant au moindre souffle.

La découverte de ses mouvements est liée à l'histoire de l'Astronomie, et vous n'imaginez pas ce qu'il a fallu de travail, d'expériences et de calculs, pour arriver à vous apprendre quels mouvements divers vous éprouvez pendant qu'assis tranquillement dans un fauteuil, au coin du feu, vous parcourez ces pages.

Située à 149495000 kilomètres, en moyenne, de notre Soleil, la boule qui nous porte décrit autour de cet astre un chemin presque circulaire.

Si tous les jours de l'année vous examiniez à l'aide d'une lunette le disque du Soleil, vous ne tarderiez pas à vous apercevoir que sa grandeur subit en apparence des variations régulières. Il paraît plus ou moins gros suivant la saison : ceci provient de ce que nous sommes tantôt plus loin, tantôt plus près de cette grande source de chaleur. Voilà pourquoi je vous parlais d'un chemin *presque* circulaire.

Plantez deux épingles sur un carton blanc à une distance l'une de l'autre de 5 ou 6 centimètres; reliez-les par un fil non tendu de 10 à 12 centimètres, puis, à l'aide d'un crayon finement aiguisé, tendez le fil et tracez une courbe, vous obtiendrez une image de la route suivie par la Terre et les planètes autour du Soleil : c'est une *ellipse*.



Deux épingles plantées sur un carton et un fil tendu au moyen d'un crayon permettent de tracer une « ellipse ».

Le procédé que je vous indique n'est pas de mon invention et ne date pas d'hier; il y a beau temps que les jardiniers s'en servent pour tracer les ovales de nos pelouses.

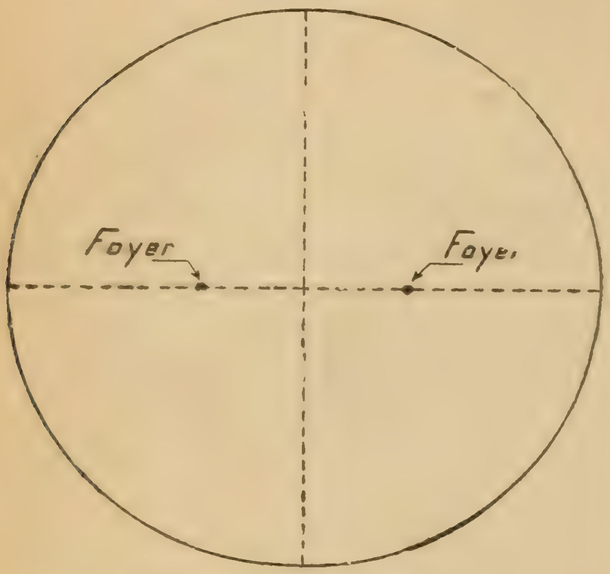
Lorsqu'ils veulent obtenir des ellipses très allongées, ils écartent leurs deux

piquets et rétrécissent le cordon qui les joint.

Ont-ils besoin d'une courbe presque circulaire? Ils rapprochent aussitôt les deux bâtons, et l'ellipse prend une forme moins *excentrique*, pour employer l'expression des géomètres.

Toujours dans le même style, les piquets ou les épingles ayant servi à tracer la courbe déterminent les *foyers* de l'ellipse.

A l'un de ces foyers, placez une orange qui représentera le Soleil, et sur la piste elliptique, lancez une toute petite bille



Courbe nommée « ellipse » avec ses deux foyers.

d'écolier; voilà l'image de la Terre accomplissant son orbite en 365 jours 1/4 environ.

D'un bout à l'autre de l'année, la Terre tourne autour du Soleil sans trêve ni repos, allant d'autant plus vite qu'elle est plus près de son foyer. Elle ne court pas dans ce trajet annuel de 936 millions de kilomètres, elle vole, elle fend l'espace comme un véritable obus; plus vite encore, puisqu'elle avance à la vitesse de 29 kilomètres 670 mètres par seconde.

Alors qu'une dépêche lancée de la Lune nous parviendrait en moins de deux secondes, savez-vous ce qu'il faudrait de temps au courant électrique pour parcourir la piste terrestre?

Imaginons un fil télégraphique figurant notre orbite; un employé lance sa dépêche qu'il doit recevoir au retour sur l'appareil placé à ses côtés. Avant que l'aiguille du récepteur indique que le courant a parcouru les 936 millions de kilomètres de l'orbite décrite par la Terre, notre employé peut aller déjeuner; il a exactement 51 minutes devant lui. Ces chiffres bien compris sont effrayants; ils ne sont rien cependant en comparaison de ceux que nous réserve l'étude du monde stellaire.

Ainsi, nous voilà emportés dans le ciel à cette jolie vitesse de 29 kilomètres à la seconde; eh bien, ce n'est là qu'un premier mouvement.

Pendant que la Terre accomplit ce grand voyage d'une année, elle tourne 365 fois sur elle-même à la façon d'une toupie, présentant ainsi alternativement tous ses points vers le Soleil; et c'est ce deuxième mouvement qui nous donne la succession du jour et de la nuit.

Comme la Terre est tantôt plus près, tantôt plus loin du Soleil, vous pourriez vous imaginer que cette circonstance explique naturellement les chaleurs de l'été et les froids de l'hiver.

Pas du tout, et la meilleure preuve, c'est que le Soleil est moins éloigné de nos régions pendant l'hiver que pendant l'été. Alors que l'astre du jour, à la fin de juin, se trouve à 152 millions de kilomètres de la Terre, cette distance descend à 147 millions à la fin de décembre, soit une différence de 5 millions de kilomètres en chiffres ronds.

Cette faible variation, qui est tout à l'avantage de l'hémisphère austral où les saisons sont inversées par rapport aux nôtres, est d'ailleurs insignifiante.

Il y a donc une autre cause, et cette cause réside dans la hauteur plus ou moins grande du Soleil au-dessus de notre horizon.

Un instant d'attention, et vous allez comprendre.

Prenons une toupie tournant sur une table autour d'une lampe basse.

Si notre toupie possède une grande vitesse, elle tournera « droit sur son axe », c'est-à-dire verticalement sans pencher de gauche ou de droite.

Examinez la disposition du cercle qui limite l'ombre et la lumière, vous reconnaîtrez aisément que si la lampe est placée bien en face, ni trop haut ni trop bas, ce cercle d'illumination coupera la toupie en deux; il passera par la queue et la pointe de votre jouet, c'est-à-dire par son axe. Chaque point de la toupie fera alors un demi-tour dans l'ombre et un demi-tour dans la lumière. La planète Jupiter est à peu près dans ces conditions, si bien que sur ce monde géant les jours, en toutes les régions, sont égaux aux nuits; les saisons ne peuvent exister.

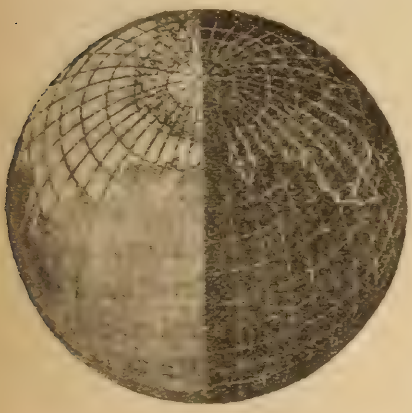
Figure de la Terre qui tourne autour de son axe et penchée sur son orbite *(chemin parcouru autour du Soleil).*

Mais notre globe ne présente pas du tout la même particularité : son axe est penché de 23 degrés 1/2 par rapport à la perpendiculaire au plan du chemin parcouru : un même point, suivant que la Terre se trouve à gauche ou à droite du Soleil (été ou hiver), reçoit donc la chaleur et la lumière de l'astre selon des inclinaisons différentes. Or, vous avez dû remarquer que, même en été, la chaleur varie suivant la hauteur du soleil, à chaque heure de la journée. Un soleil qui raserait seulement l'horizon, comme il arrive parfois dans les contrées polaires, n'échaufferait jamais le sol qu'il éclaire.

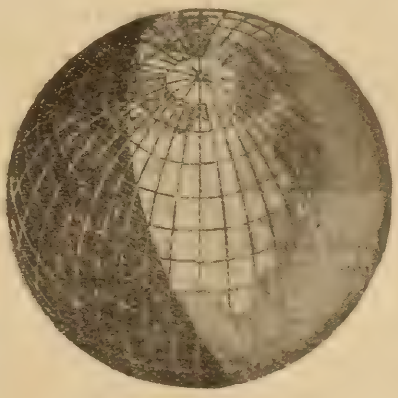
Cette différence de température est encore accentuée par une autre circonstance. En examinant attentivement la figure, vous découvrirez sans peine qu'en été un point tournant avec la Terre reste plus longtemps exposé à la lumière et à la chaleur. Les jours seront donc plus longs en été et les nuits plus courtes; dès lors, la chaleur reçue dans la journée trouvera à peine le temps de se dissiper pendant la nuit. Ainsi toutes les particularités de l'année: saisons, climats, jours plus ou moins longs, s'expliquent facilement par cette constatation des deux premiers mouvements de notre Globe.

Si le premier nous emporte à la vitesse de près de 30 kilomètres à la seconde, le deuxième nous fait pirouetter plus ou moins rapidement, suivant notre éloignement de l'axe terrestre.

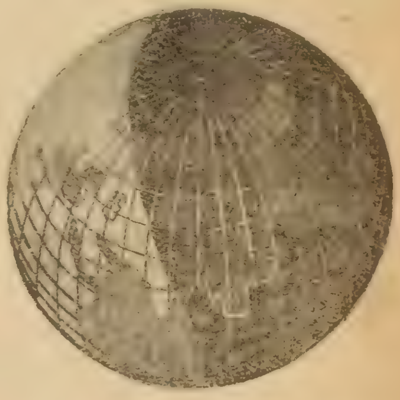
A l'équateur, où un point de la surface décrit la plus grande circonférence en



Aux équinoxes (printemps et automne) le cercle d'illumination passe par les pôles. Les jours sont donc égaux aux nuits sur toute la Terre.



En été, l'hémisphère boréal reste plus longtemps exposé au Soleil. Les jours sont donc plus longs que les nuits dans l'hémisphère boréal.



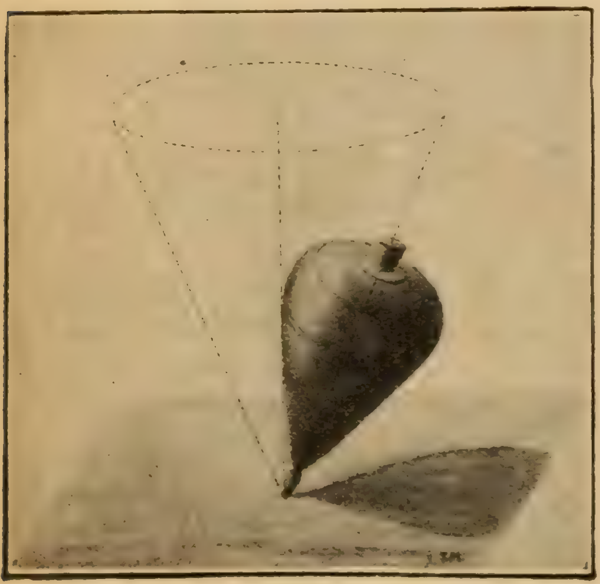
En hiver, le cercle d'illumination n'atteint pas le pôle Nord. Les jours sont donc plus courts que les nuits dans nos régions boréales.

24 heures, un objet aura une vitesse de 465 mètres à la seconde. A Paris, cette vitesse n'est plus que de 365 mètres dans le même temps.

En 1909, lorsque Shackleton atteignit une latitude si élevée qu'il approcha à 165 kilomètres seulement du pôle Sud, il était de tous les humains celui qui marchait le plus lentement : la rotation de la Terre ne lui faisait décrire en cet endroit que 12 mètres à peine par seconde.

Un explorateur qui atteindrait le pôle ne ferait que tourner sur lui-même; pour un instant, il s'identifierait avec l'axe idéal de la Terre; il supprimerait un de nos mouvements perpétuels!

A examiner les figures précédentes, on pourrait croire que l'axe terrestre, qui est penché en ce moment de 23°27′ et quelques secondes, regarde toujours le même point du ciel. Eh bien, là encore, en la circonstance, le repos n'existe pas. Évidemment, d'une année à l'autre, la différence est insignifiante, mais après dix ans, cent ans d'observations, on s'aperçoit, même



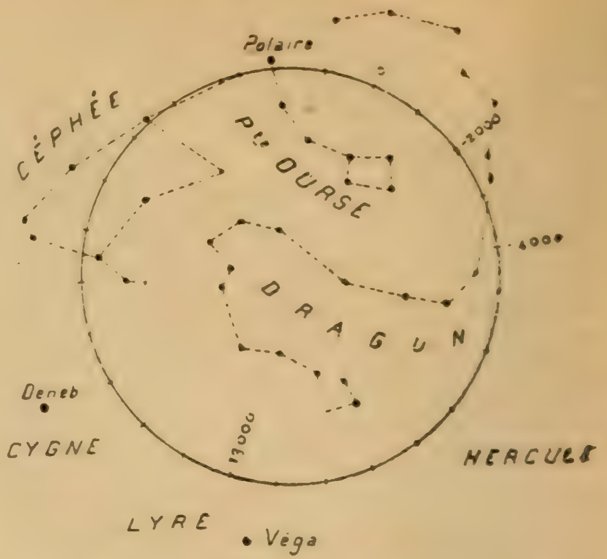
L'axe de la Terre, comme celui d'une toupie, décrit un cône dans l'espace.

sans instruments, que cet axe n'est pas fixe.

Reprenons notre toupie, ou mieux un toton, simple bouton emmanché d'une allumette : l'axe sera mieux visible.

Faisons-le tourner et attendons : dès que le mouvement se ralentit, le toton se penche et l'axe décrit un cône.

L'axe du globe terrestre en fait tout



Déplacement du pôle céleste depuis l'an 4 000 avant J. C. jusqu'en l'an 13 000.

L'axe terrestre décrivant un cône, le pôle céleste parait se déplacer suivant une circonférence. Toutes les 25 818 années, le pôle revient au même endroit du ciel.

autant, il décrit dans le ciel un immense cône en 25 818 ans. Ainsi, le pôle céleste, qui nous est précisément indiqué par le prolongement de l'axe de la Terre, se déplace constamment sur la voûte du ciel; aujourd'hui, il se trouve près de l'étoile polaire, Alpha de la Petite Ourse, mais, dans un peu plus de 13 000 ans, il sera voisin de la plus brillante étoile de la Lyre, et dans 25 000 ans, il se rapprochera de sa position actuelle.

Voilà donc un troisième mouvement bien constaté : il est dû à l'action du Soleil sur le renflement équatorial de la Terre.

En y regardant de plus près, les astronomes ont découvert que notre satellite, la Lune, imite le Soleil autant que faire se peut, naturellement. — Elle est bien petite, mais elle se trouve très proche de la Terre, et son attraction s'exerce d'une manière analogue à celle de l'astre central. Elle aussi déplace l'axe terrestre et le force à décrire un tout petit cercle autour de sa position moyenne en 18 ans 2/3 : et ce quatrième mouvement se combine avec le précédent pour donner lieu à une courbe assez compliquée.

A ces quatre mouvements viennent s'en ajouter beaucoup d'autres qu'il suffira d'énumérer.

On a coutume de dire que la Lune tourne autour de la Terre. Au point de vue astronomique, cette proposition n'est pas tout à fait exacte. En réalité, Terre et Lune tournent autour de leur centre de gravité commun, c'est-à-dire autour d'un point qui ne coïncide jamais avec le centre de notre Globe.

Cependant, comme la Lune pèse 80 fois moins que notre planète, le centre de gravité du système ne peut jamais être situé en dehors de la Terre. Le calcul indique qu'il se trouve au-dessous de la surface terrestre, à une profondeur voisine de 1 770 kilomètres. Ce point se déplace d'ailleurs constamment, et c'est autour de lui que nous tournons chaque mois. De même, la Terre et le Soleil tournent autour du centre de gravité du système solaire. Lorsque toutes les planètes, y compris la masse imposante de Jupiter, se trouvent réunies du même côté, il est facile de concevoir que ce centre de gravité soit fortement déplacé et que parfois il sorte même du globe solaire.

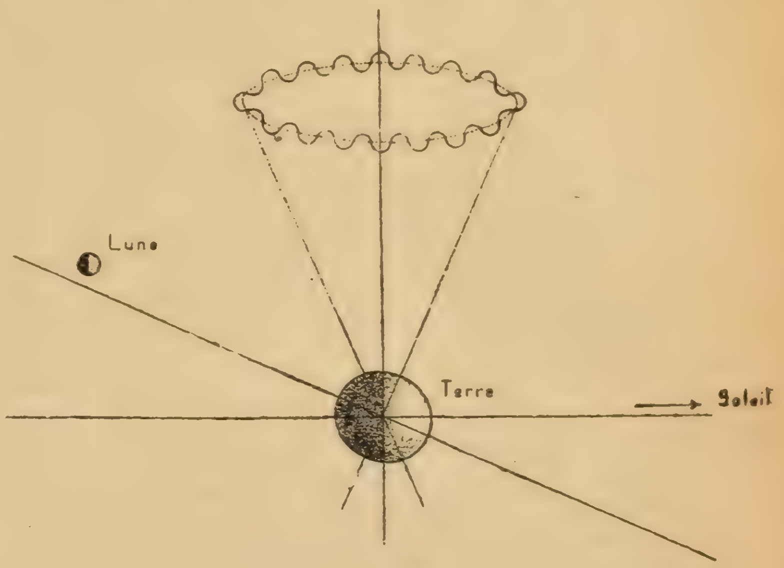
Les planètes à leur tour, suivant leurs positions variables, attirent plus ou moins la Terre et déforment son ellipse.

Ces perturbations offrent à l'astronome les problèmes les plus difficiles que l'esprit humain puisse aborder, et c'est leur étude qui a conduit Le Verrier à découvrir une planète jusqu'alors inconnue : Neptune, qui gravite à près de 5 milliards de kilomètres du Soleil.

L'ellipse décrite par la Terre ne saurait pas d'avantage être regardée comme invariable dans l'espace. Tantôt elle s'aplatit, tantôt elle se dilate, à la façon d'un cerceau élastique, et sa plus grande dimension, qui reste toujours de même longueur, tourne elle-même en 21 000 ans.

L'inclinaison de l'axe de la Terre, toute attraction de la Lune mise à part, oscille aussi quelque peu. En ce moment sa valeur, qui atteint 23°27′9″ (1911), décroît d'un peu moins d'une minute par siècle; si elle continuait ainsi, la Terre serait redressée l'an 3683; il n'y aurait plus alors ni hiver, ni été; les saisons auraient disparu et les jours seraient en tout temps égaux aux nuits, comme sur la planète Jupiter.

Mais ceci n'arrivera jamais, car la variation est simplement périodique : c'est un léger balancement, et rien de plus.



Courbe décrite par l'extrémité de l'axe terrestre sous les influences combinées du Soleil et de la Lune.

Voici un autre mouvement plus étonnant peut-être, et que les savants ont découvert tout récemment. Vous savez sans doute que chaque endroit est repéré sur nos cartes d'une façon précise.

On compte d'abord sa distance à l'équateur : c'est la *latitude* du lieu; puis une seconde distance à un premier méridien, celui de Paris, par exemple : c'est la *longitude*.

Tout Observatoire, en s'installant, détermine ces deux nombres; en d'autres termes, il note sa véritable place sur le globe terrestre. Or, vous voyez d'ici la stupéfaction des astronomes le jour où ils ont découvert que leurs Observatoires changeaient constamment de place. C'était à n'y pas croire. Le déplacement est presque

insignifiant, assez sensible toutefois pour fausser la position des étoiles sur les cartes célestes. Cette constatation n'ayant été déduite que des observations faites dans l'hémisphère boréal, on décida en 1901 d'envoyer une expédition astronomique aux antipodes de l'Europe centrale, dans les îles Hawaï. Les résultats furent concluants, et il fallut s'avouer cette fois que l'axe de la Terre, même en le supposant fixe dans l'espace, ne perce pas l'écorce en un point invariable et constant. Voilà pourquoi, à propos de la grande et récente discussion de Cook et de Peary, on a pu dire qu'il était impossible d'atteindre le pôle. Un observateur qui se flatterait, en effet, de mettre le pied exactement sur l'emplacement du pôle, précisément parce qu'il ne bougerait pas, ne pourrait rester au pôle même de la Terre : celui-ci se déplaçant constamment, ce serait bientôt au tour des points voisins d'être successivement sur le prolongement de l'axe terrestre.

Mais, et c'est là où nous toucherons du doigt la stupéfiante précision de nos observations modernes, ce déplacement est extrêmement faible et ne dépasse pas 6 dixièmes de seconde d'arc, soit une vingtaine de mètres depuis le commencement des observations.

Un déplacement d'une minute d'arc dans la position du pôle changerait le lieu de tous les points du Globe de 2 kilomètres environ, exactement 1 852 mètres.

On peut se demander à quelle cause sont dus ces faibles déplacements. Pour le faire comprendre à nos lecteurs, on me permettra de citer l'histoire du chat de M. Marey.

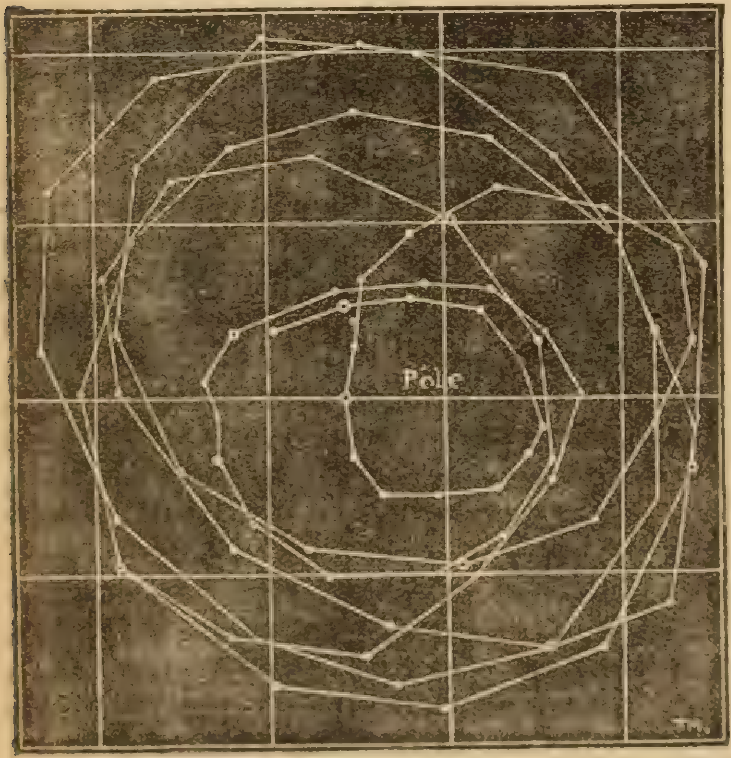
Il y a quelques années, l'Académie des sciences fut saisie d'un problème intéressant qui eut un grand retentissement et fut bientôt connu du public sous le nom de la *Question du Chat;* il s'agissait de savoir si un chat, conformément à l'opinion générale, lancé en l'air dans n'importe quel sens, pouvait toujours trouver le moyen de retomber sur ses pattes.

Certains académiciens, s'appuyant sur un théorème de Mécanique, qui veut qu'un corps solide ne puisse changer de position en tombant, toute question de résistance de l'air étant mise à part, soutenaient qu'un chat ne peut faire exception à la règle. Or, M. Marey confondit tout le monde en présentant à l'Académie des épreuves photographiques montrant la réalité du fait.

Et cependant la Mécanique ne pouvait avoir tort. Comment concilier la théorie avec les faits?

Il fallait établir une distinction entre un corps inanimé et un chat capable de modifier ses mouvements intérieurs et, par conséquent, capable, par l'allongement de ses pattes en tel ou tel sens, de se retourner dans l'espace.

Et en fait, si nous chargions la Terre d'une masse pesante déposée en un endroit précis, nous pourrions arriver à déplacer le pôle. J'ai démontré *(Cosmos*, 1906) comment un train suffisamment pesant qui



Oscillation du pôle de la terre depuis 1900.
L'axe de la Terre perce l'écorce du Globe en des points variables suivant l'époque des observations, mais l'écart entre le pôle idéal et le pôle vrai n'est jamais très grand.

se déplacerait à la surface de la Terre pourrait changer la position du pôle terrestre Pour une déviation du pôle de 1 852 mètres, l'énergie capable d'effectuer un pareil travail en une année devrait être fournie par une machine d'une puissance de 4810 milliards de chevaux-vapeur (1). Bien que les déplacements du pôle soient beaucoup moindres, jamais l'homme ne produira sans doute d'aussi gigantesques travaux à la surface de sa planète. Mais ce que nous ne pouvons faire, la nature l'accomplit tous les jours sous nos yeux.

Chaque année, la chaleur solaire, en évaporant la surface des océans, déplace un poids d'eau fantastique; nous pouvons l'évaluer en moyenne à 720 milliards de kilogrammes. Or, si l'on remarque que cette eau est en grande partie transportée dans les régions polaires, où, en tombant, elle se distribue irrégulièrement, on conçoit que son dépôt sous forme de pluie, de neige ou de glace, produise un chargement différent de la surface terrestre et soit suffisant, ainsi que je l'ai montré il y a quelques années, pour provoquer un léger balancement de la Terre.

Cette explication est d'autant plus plausible que les changements de direction des courbes se produisent suivant les saisons.

En ces derniers temps, des mesures extrêmement ingénieuses viennent de mettre en évidence un autre mouvement de la Terre dont personne ne se doutait.

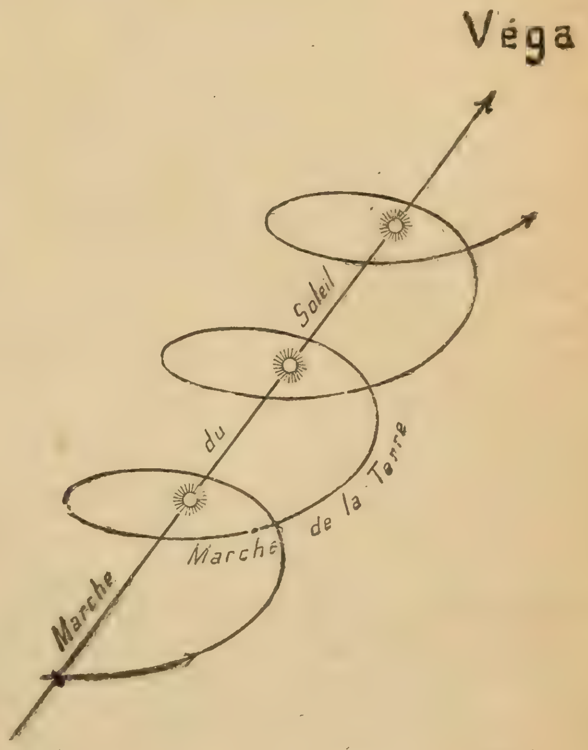
Notre globe est assimilable à une balle élastique qui se gonfle en raison de l'attraction de la Lune et du Soleil. Jamais l'écorce terrestre n'est à la même distance de son centre.

Ce mouvement, comparable à une véritable respiration, déplace chaque jour et chaque nuit le niveau des continents et des mers. A chaque instant nos édifices et nos villes soudés au sol s'élèvent et s'abaissent comme lui, et l'amplitude de cette singulière respiration atteint jusqu'à 40 centimètres par rapport au niveau moyen.

Ainsi, vous qui me lisez, accoudé sur votre bureau, vous doutiez-vous que votre repos est extrêmement relatif?

Combien de kilomètres avez-vous faits depuis le commencement de la lecture de ce chapitre?

Récapitulons: si vous habitez Paris, vous tournez à la vitesse de plus de 300 mètres à la seconde, et cette vitesse se combine avec celle de la Terre sur son orbite. En admettant que vous ayez commencé votre lecture depuis dix minutes, vous avez fait, au bas mot, 18 000 kilomètres; votre course est 900 fois plus rapide que celle d'un express, 35 fois plus grande que celle d'un obus au sortir de la bouche d'un canon.



Le Soleil nous emporte à la vitesse de 10 kilomètres par seconde dans la direction de l'étoile Véga. La Terre décrit donc une sorte de pas de vis dans l'espace.

Ajoutez à cela que vous participez à la grande course effectuée par le Soleil, et dont nous reparlerons dans une quatrième partie: *Où allons-nous?* course effrayante qui nous emporte dans les espaces stellaires à raison d'une vingtaine de kilomètres à la seconde, et vous aurez une faible idée des

(1) Un cheval-vapeur équivaut à une puissance de 75 kilogrammètres par seconde. Voir *D'où venons-nous?* p. 44.

mouvements qui nous entraînent à chaque instant vers des régions inconnues.

Si maintenant vous combinez ces trois mouvements avec la quantité de ceux que nous avons énumérés dans les pages précédentes, vous arriverez à un total de treize mouvements principaux, et vous serez étonné à bon droit de l'instabilité du globe qui nous porte.

Ce grain de sable, soumis à toutes les attractions, à toutes les influences, vous paraîtra aussi léger que le moucheron se déplaçant au sein de l'atmosphère.

On pourrait vraiment appliquer à notre Terre cette boutade qu'on lisait dans quelques-uns des ouvrages les plus en vogue au XVIIIe siècle :

— Quoi de plus léger que la plume?

— La poussière.

— Que la poussière?

— Le vent.

— Que le vent?

— La femme.

— Que la femme?

— Rien.

Je parierais que vous avez tous ajouté :

— Et la Terre donc?

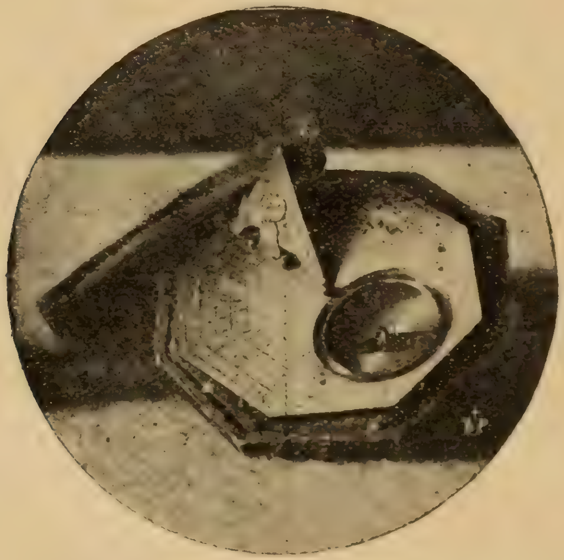
Au reste, s'il y a des femmes bien légères, il y a des hommes bien lourds, comme le disait une dame d'esprit à un ennuyeux interlocuteur lui servant cette vieille rengaine.

Je souhaite que vous n'en disiez pas autant du chapitre que je termine.

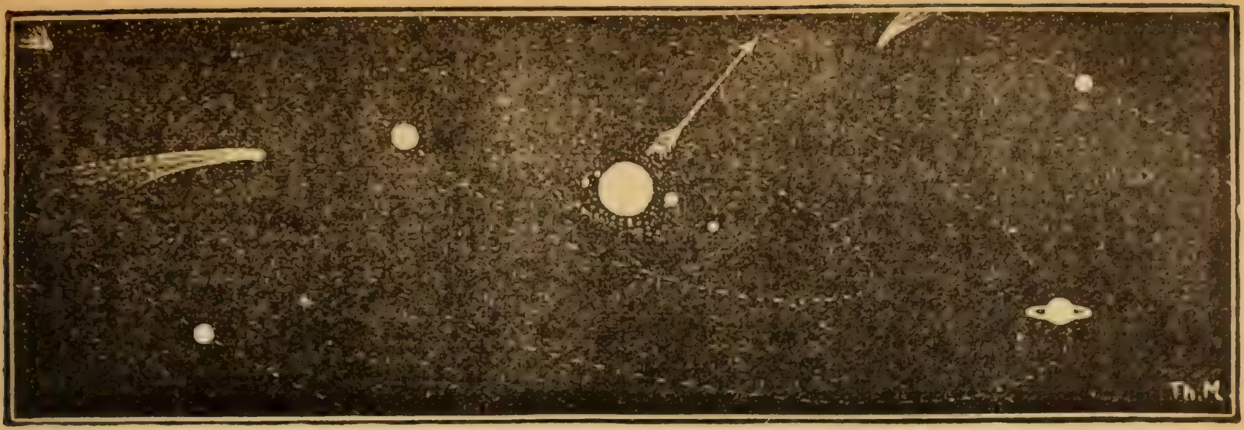
D'ailleurs, la légèreté est qualité bien relative, car le globe terrestre pèse en kilogrammes :

5 957 930 000 000 000 000 000 000,

nombre qui signifie : 5 957 930 quintillions de kilogrammes.



Cadran solaire de poche.



CHAPITRE III

LA FAMILLE SOLAIRE

Dans le premier chapitre de *D'où venons-nous?* j'ai déjà eu l'occasion de vous présenter les principaux membres du système solaire, la Terre n'est que la troisième planète de la série; nous connaissons aujourd'hui huit planètes principales : Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune. Plus de 800 astéroïdes tournent entre Mars et Jupiter, et leur nombre, grâce à la photographie, augmente de jour en jour. Si nous ajoutons à cette liste les satellites gravitant autour des grosses planètes, comme le fait la Lune vis-à-vis de la Terre, puis la foule des comètes sillonnant les espaces interplanétaires, nous aurons énuméré les corps appartenant à notre système, ceux, en un mot, qui composent la famille du Soleil.

Les planètes sont-elles habitées par des êtres animés et intelligents? Grave question qui demanderait à elle seule une longue étude.

Notre programme est tellement étendu, que dans cette troisième partie nous aurons à peine le temps d'effleurer cet intéressant problème.

Toutefois, nous pouvons nous demander en passant quelles sont les conditions climatériques de chaque monde. La vie organique s'est-elle manifestée à leur surface? Nous-mêmes, transportés sur ces terres lointaines, pourrions-nous trouver des conditions propres à notre existence actuelle?

Puisque nous habitons la Terre, notre devoir n'est-il pas de chercher à nous rendre compte de ce qui se passe autour d'elle; de jeter un coup d'œil sur le champ céleste qui nous joute, sur les régions que nous côtoyons sans cesse; en un mot, sur nos compagnons de route à travers l'immensité?

Voilà pourquoi je vous convie à une véritable excursion interplanétaire, en attendant un plus long voyage dans les espaces intersidéraux.

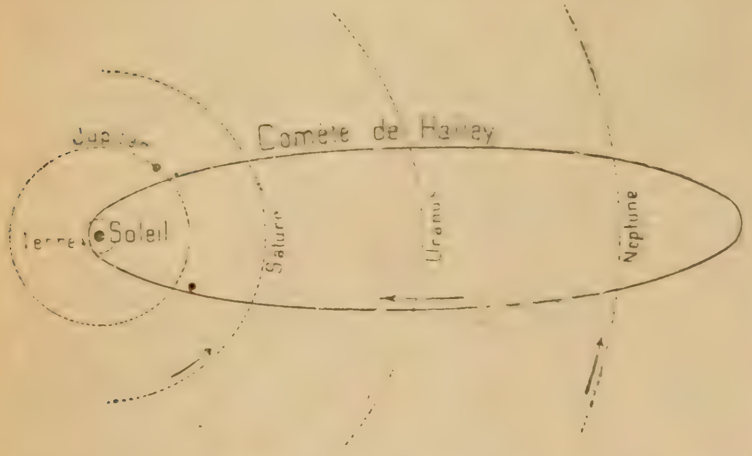
Laissons-nous donc emporter par un rayon de lumière : c'est d'ailleurs le seul moyen de locomotion qui nous soit permis; tous les autres, voire le boulet de canon de Jules Verne, celui qu'avait lancé la *Colombiad*, ne sauraient nous suffire. En supposant même que le procédé réussît, nous aurions le temps de mourir en route.

La comète de Halley, qui fait à peu près le voyage que nous allons entreprendre, c'est-à-dire tout le chemin aller et retour de Neptune au Soleil, ne met pas moins de 75 années pour accomplir ce grand trajet.

Il est vrai qu'elle n'est pas animée d'un mouvement uniforme, mais les 54 kilo-

mètres qu'elle parcourt à la seconde dans le voisinage de la Terre ne seraient qu'un mouvement de tortue par rapport à la vitesse de la lumière.

En 5 minutes et quelques secondes,



La Comète de Halley décrit une longue orbite et s'éloigne du Soleil plus loin que Neptune, la dernière planète connue.

notre rayon lumineux nous emporte vers le Soleil, dans la région voisine de Mercure.

Nous n'y resterons pas longtemps, car nous sommes à 58 millions de kilomètres à peine de l'ardent foyer de notre système. En tournant autour de cet astre, la planète s'approche même beaucoup plus près; en plein été, le Soleil, vu de Mercure, occupe dans le ciel une surface 10 fois plus large que dans notre ciel.

Or, si la température, au Sénégal, atteint 42 degrés à l'ombre, près de 70 au soleil, je vous laisse à penser ce que nous pourrions ressentir en mettant le pied sur le sol de Mercure : nous ne commettrons pas cette imprudence, d'autant que les astronomes terrestres ont calculé la chaleur que reçoit la planète. En moyenne, le thermomètre marquerait 200 degrés audessus de zéro et pourrait atteindre parfois jusqu'à près de 300 degrés.

De l'endroit où nous contemplons cette terre 18 fois plus petite que la nôtre, ne cherchons donc pas à découvrir des mers ou des océans; l'eau qu'ils pourraient contenir se serait évaporée depuis longtemps, et si des fleuves descendent les flancs de ses montagnes, ils ne peuvent consister qu'en torrents de lave semblables à l'étain fondu.

Voilà un séjour bien peu engageant pour nous autres, habitants des régions tempérées de la Terre. Nous le quitterons sans regret.

D'ailleurs, notre rayon lumineux nous emporte vers une planète plus hospitalière.

De loin, Vénus ressemble à la Terre; même grosseur, ou à peu près, puisque le diamètre de Vénus est seulement de 39 kilomètres plus petit que le nôtre; différence insignifiante, comparée à la grosseur totale du diamètre terrestre mesurant 12756 kilomètres; même aspect, car Vénus est entourée d'une atmosphère un peu plus forte que la nôtre, peut-être, avec d'épais nuages comme il en apparaît quelquefois dans notre ciel; à peu près même pesanteur, puisque chez nous, un corps, dans sa première seconde de chute, par-

La planète Mercure vue pendant l'une de ses phases.
(Dessin de TH. MOREUX.)

court $4^m,90$ alors que sur Vénus, il tombe de $4^m,21$.

La grosse différence réside dans une autre circonstance : sa proximité du Soleil. Plus rapprochée de 41 millions de kilo-

mètres, Vénus subit une chaleur énorme : 80 degrés en moyenne. Heureusement que dans ces conditions l'eau doit être dans un état constant d'évaporation, et que, répandue dans l'atmosphère, elle peut uniformiser la température et même tamiser les rayons du Soleil.

Si nous étions condamnés à vivre ailleurs que sur la Terre, voilà la planète où nous pourrions élire domicile. A quelque profondeur de la surface du sol, le climat doit être très supportable, et si Vénus porte des habitants, ce que nous n'avons pas le loisir d'examiner ici, nul doute qu'ils ne construisent des villes souterraines avec des rues semblables aux galeries du Métropolitain. Sur cette planète qui s'approche de nous plus près qu'aucune autre, les saisons doivent être un peu différentes des nôtres, mais elles se succèdent plus rapidement, car l'année y est seulement de 224 jours.

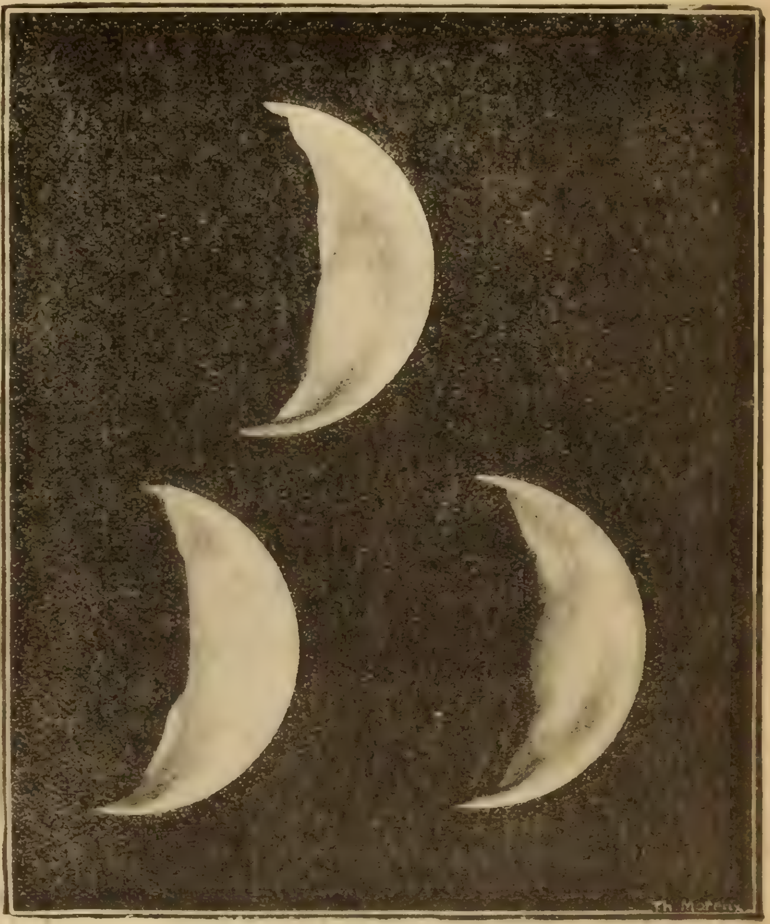
Voilà encore une planète bien intéressante à étudier, mais la lumière qui nous conduit ne nous en laisse guère le temps et nous emporte loin du Soleil à raison de 300 000 kilomètres à la seconde.

Nous voici arrivés dans la région où gravite la Terre; passons sans nous arrêter; descendons plutôt sur notre satellite, le corps céleste le plus rapproché de notre planète et celui que les astronomes connaissent le mieux.

La Lune est un tout petit globe tournant autour de la Terre à la faible distance de 384 000 kilomètres en moyenne — 96 000 lieues — une misère! Bien des capitaines au long cours ou de simples facteurs peuvent se vanter d'avoir accompli ce trajet. Trente globes terrestres mis bout à bout combleraient le fossé qui nous sépare de la Lune, véritable faubourg de la Terre.

Faubourg par la distance, car rien ne ressemble moins à notre séjour.

Vous pouvez en juger par les sensations que vous éprouvez. D'abord notre poids est considérablement diminué; un corps qui pèse chez nous un kilogramme ne pèse plus ici que 170 grammes. Cette circonstance vous expliquera pourquoi vous vous sentez si léger. Plus un globe planétaire est petit, moins la force d'attraction s'y fait sentir.


Les phases de la planète Vénus, dessinées à l'Observatoire de Bourges par l'abbé Th. Moreux.

Un homme qui, sur la Terre, fait une chute du cinquième étage, parcourt 4m90, dans la première seconde, nous l'avons déjà dit; eh bien, sur la Lune, il ne descendrait que de 73 centimètres; il aurait l'impression de flotter dans l'espace, et de tomber comme une plume.

Et puis, quel étrange paysage! Un sol tourmenté comme si toutes les forces s'étaient liguées pour construire un dédale inimaginable de volcans, de ravins, de

rochers, entassés pêle-mêle. Au loin, d'immenses cirques dont quelques-uns atteignent jusqu'à 200 kilomètres de diamètre.

Et ces montagnes!

Leurs bords escarpés aux sommets pointus, en forme de pains de sucre, leurs arêtes vives, la lumière éblouissante que jettent leurs flancs éclairés, la teinte noire des parties ombrées où l'œil ne distingue aucun détail, le relief presque stéréoscopique de cette nature figée dans la mort, tout nous avertit que nous avons quitté la Terre.

Jetez maintenant un regard vers le ciel. Autre changement : ici, le bleu d'azur n'existe pas, le ciel n'a aucune couleur, il est d'un noir d'encre, on dirait un abîme! Voilà qui est stupéfiant, il fait grand jour et le ciel paraît plongé dans la nuit. Les étoiles y jettent un éclat inaccoutumé; le Soleil, un soleil éblouissant, paraît entouré de ses protubérances roses, et la couronne est visible comme pendant les éclipses totales de Soleil sur la Terre.

Oh! quel est cet astre énorme qui brille à l'horizon? Avec son croissant lumineux qui envelopperait treize fois le Soleil, il nous apparaît comme notre Lune vue de la Terre au premier quartier. Quelle planète géante paraît se lever pour les Sélénites?

Cette question, je la vois sur vos lèvres, mais je ne l'entends pas.

Votre enthousiasme ne saurait se manifester que par une mimique plus ou moins expressive... Vous avez oublié que la Lune est le pays du silence.

C'est dans une couche d'air que le son se transmet, et ici il n'y a pas trace d'atmosphère.

Cette constatation explique les phénomènes étranges dont vous êtes témoins.

Ce sont les couches d'air qui, chez nous, absorbent en grande partie les rayons du Soleil et qui nous empêchent de l'apercevoir en plein jour. Ce sont elles aussi qui viennent dégrader les derniers plans de nos paysages et qui nous permettent d'entendre les mille bruits de la nature.

Ni atmosphère, ni eau, voilà les caractéristiques du sol lunaire. Elles vous donnent la clé des différences qui existent entre l'aspect du paysage que vous avez sous les yeux et celui que nous voyons chaque jour, celui que voient nos amis restés là-bas sur le globe en forme de croissant et dont la présence dans le ciel vous intriguait tout à l'heure.

Sur la Lune les jours sont environ quinze fois plus longs que les nôtres. Imaginez les conséquences d'un pareil régime : pendant la journée, un sol soumis au rayonnement d'un soleil de plomb, 354 heures de soleil auxquelles succède une nuit de même durée.

Vue de quelques cirques lunaires.
En haut, Théophile;
au-dessous, Cyrille et Catherine.

Relief de la Lune construit par la Maison G. Thomas, à Paris.

Le sol lunaire est alors en contact avec le froid de l'espace, et un thermomètre à gaz marquerait bientôt une température de 267 degrés au-dessous de zéro.

Qui donc pourrait habiter cette terre desséchée privée d'air et d'eau, ce sol glacial dont nos contrées polaires ne nous donnent pas la moindre idée?

Ne nous attardons pas davantage : Mars brille dans le ciel; encore 56 millions de

kilomètres à parcourir, un voyage de 3 minutes environ. A mesure que nous avançons, la planète grossit à vue d'œil. Véritable Terre emportée dans sa course autour du Soleil par la même attraction qui retient notre globe, Mars parcourt son orbite à la vitesse de 24 kilomètres à la seconde, en 687 jours. Son année est donc environ deux fois plus longue que les nôtres, et ses saisons sont également doubles de celles de la Terre. Car Mars ayant à peu près la même inclinaison que notre globe dans sa rotation sur son axe, et le jour martien ayant une durée presque égale au jour terrestre, les saisons existent là-bas comme chez nous.

Mais voici que Mars passe sous nos yeux; ne perdons pas un instant.

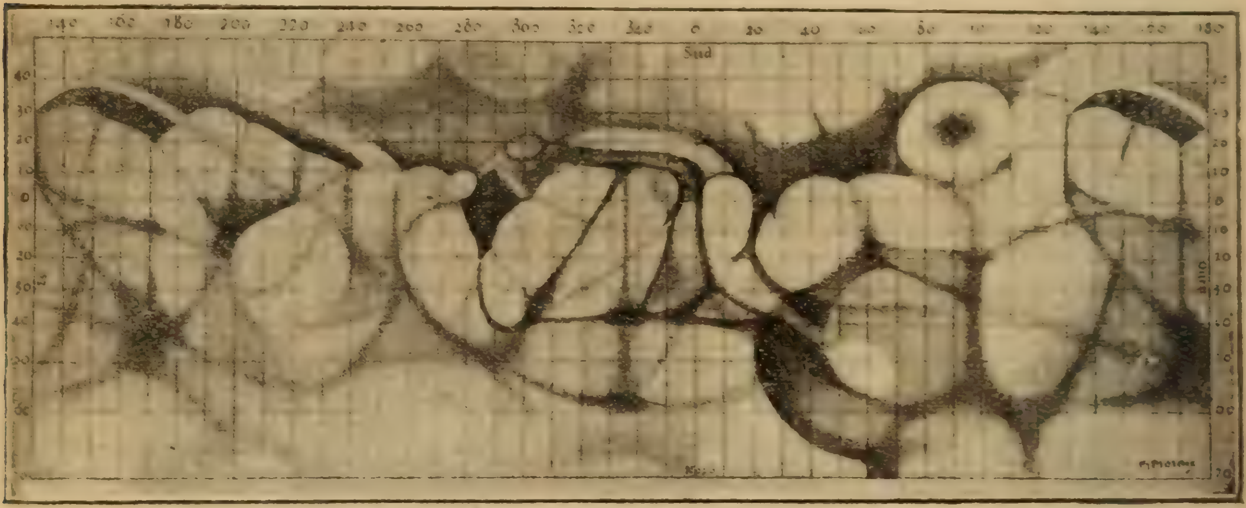
Vous voyez cette tache blanche, c'est son pôle Sud. Il y a là des neiges comme chez nous, moins denses et moins pressées que les nôtres, car la pesanteur sur cette terre en miniature est presque trois fois plus faibles qu'ici. Pendant plus d'une année terrestre, ce pôle va être exposé aux rayons du Soleil, il n'est donc pas étonnant que la fusion de cette calotte neigeuse s'accomplisse entièrement.

A peine cette neige est-elle fondue qu'elle s'évapore dans l'atmosphère, l'air s'en imprègne et les vents emportent cette humidité vers l'équateur.

Voilà, direz-vous, une bien singulière climatologie, et bien différente de la nôtre.

Sans doute, mais tout s'expliquera lorsque vous saurez que l'atmosphère martienne est extrêmement légère.

Vous avez appris que sur la Terre, la pression atmosphérique diminue à mesure qu'on s'élève. Au niveau de la mer, elle fait équilibre à une colonne de mercure de 76 centimètres de hauteur, au sommet du Gaurizankar, dans l'Himalaya, à 8840 mètres d'altitude, elle n'est plus que de 24 centimètres; si nous montions encore d'une quantité à peu près égale, à 18 kilomètres, par exemple, notre baromètre n'accuserait plus qu'une pression de 11 à 12 centimètres.



Carte de la planète Mars dressée par l'abbé Th. Moreux, d'après ses observations.

Évidemment, aucun de nous ne pourrait vivre à une telle hauteur, puisque deux aéronautes, Berson et Suhring, ont failli périr dans une ascension de 10800 mètres. Ils n'ont pu échapper à la mort qu'en aspirant de l'oxygène dont ils s'étaient munis au départ. Eh bien! sur Mars, la pression atmosphérique n'est certainement pas supérieure à celle que constatent nos ballons-sondes à l'altitude de 16 kilomètres.

Voilà encore un séjour peu enviable pour des êtres organisés comme nous. Mais ce qu'il y a d'aussi pénible sur ce globe 6 fois plus petit que le nôtre, c'est le froid rigoureux qui y règne, surtout la nuit.

Sans atteindre les basses températures de la Lune, le sol de Mars est certes moins bien partagé que notre pôle Sud. Si, à l'équateur martien, le thermomètre monte au-dessus de zéro pendant la journée, par contre, en raison de la perte de chaleur par rayonnement, il descend très bas pendant la nuit, beaucoup plus bas qu'en n'importe quel endroit sur la Terre, probablement vers 100 degrés au-dessous de zéro, et même davantage.

Toute l'humidité contenue dans l'atmosphère se dépose sous forme de gelée blanche, et je ne puis mieux comparer le climat martien qu'à un climat désertique, celui du Sahara, par exemple, transporté au pôle à une hauteur de 16 kilomètres au-dessus du niveau de la mer.

Quelles plantes peuvent pousser dans de semblables régions? Et cependant, voyez ces étendues vertes, à côté des continents rougeâtres.

Quel dommage que la planète s'éloigne si rapidement, nous aurions pu l'examiner plus longuement et faire encore d'autres déductions.

Mars est un monde plus vieilli que la Terre, une partie de ses océans ont été absorbés par les roches, par les terrains; les mers de Mars sont comme celles de la Lune, desséchées complètement. Ce que les anciens astronomes appelaient *mers* ne sont que des plaines basses; les *canaux*, de larges vallées où pousse une végétation rabougrie.

Mars n'est pas encore arrivé dans sa vie astrale au point où nous voyons la Lune, il tient le milieu entre la Terre et notre satellite; mais, depuis longtemps l'heure de la décadence a sonné pour lui, c'est un monde qui se hâte lentement vers la mort.

Si vous doutiez que les planètes, comme les soleils dont leur vie n'est que la continuation, sont soumises aux lois inexorables du temps; que rien n'échappe aux lois posées par le Créateur; que tout a été créé et que ce monde matériel passera, le reste de notre excursion serait de nature à vous faire comprendre ces vérités.

La Lune et Mercure paraissent des astres morts, la planète Mars est à l'agonie, la Terre se meurt, et, depuis longtemps, des rides flétrissent son écorce, Vénus semble moins vieillie; toutes ces petites planètes ont perdu très vite leur chaleur d'origine, et le froid de l'espace en a eu rapidement raison.

Il n'en est plus de même des deux grosses planètes que nous allons aborder. Jupiter et Saturne sont des mondes relativement jeunes; en raison de leur volume énorme, ils ont lutté victorieusement, mais déjà la lumière nous emporte, nous voici dans la zone des petites planètes circulant généralement entre Mars et Jupiter.

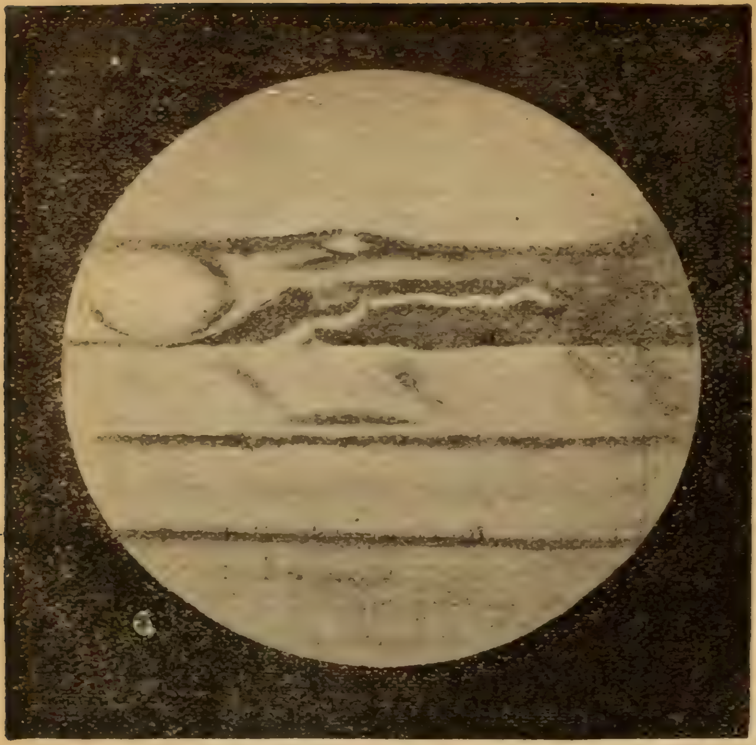
Actuellement les astronomes terrestres en connaissent près de 900. Chaque année la photographie en découvre d'autres. Dans cet espace de 550 millions de kilomètres, qui sépare l'orbite de Mars de celle de Jupiter, il y aurait place pour une belle planète certainement, et voici que nous rencontrons une foule d'astéroïdes dont le plus gros n'a guère que 700 kilomètres, et les plus petits 15 kilomètres à peine.

A une certaine époque, on s'est très sérieusement demandé si tous ces mondicules ne seraient pas les restes d'une planète qui aurait éclaté en morceaux.

L'explication paraît plus simple. Jupiter, le premier-né du système solaire, ce monde énorme formé longtemps avant le Soleil, a attiré vers lui une foule de matériaux circulant non loin de son orbite. Ceux qui ont échappé auraient pu évidemment former une terre de grosseur convenable, mais la planète géante a gêné leur agglomération, elle a agi à la façon du policeman qui, de loin, disperse tout rassemblement. Par son attraction puissante, Jupiter n'a pas permis aux amas peu éloignés de s'agglomérer et de se réunir en une seule masse.

Mais déjà nous sommes, nous aussi, dans la sphère d'attraction du roi des planètes.

Dans *D'où venons-nous?*, il vous en



La planète Jupiter.

gros, il arrive encore à peser deux fois plus que toutes les planètes réunies du système solaire.

Quel énorme poids et quel volume!

Un train lancé à la vitesse de 100 kilomètres à l'heure mettrait 16 jours et 17 heures pour faire le tour de la Terre à l'équateur; sur le monde géant de Jupiter, il lui faudrait près de 186 jours de 24 heures.

Et malgré cela les jours de la planète sont très courts, puisque ce monde tourne sur lui-même en 9 heures 55 minutes.

Alors qu'à notre équateur, un point, grâce à la rotation diurne, tourne à la vitesse de 465 mètres par seconde, une région analogue sur Jupiter est animée d'un mouvement de 12 496 mètres dans le même temps.

souvient, nous avons déjà jeté un coup d'œil à travers l'oculaire du télescope et contemplé ce monde géant; de loin, nous avons aperçu ses bandes alternativement sombres et claires.

Jupiter est 1 309 fois plus gros que la Terre; malgré cela on peut le dire relativement léger; si nous le placions dans le plateau d'une balance, il ne faudrait pas 1 309 terres de l'autre côté pour lui faire équilibre; 314 globes suffiraient. Voilà qui vous surprend. Que signifie cette apparente anomalie? Simplement ceci, que la Terre est beaucoup plus agglomérée que Jupiter. De même, dans un plateau de notre balance, nous pourrions mettre une grosse boule de bois; dans l'autre, quelques billes de plomb lui feraient équilibre.

Et, en fait, on a calculé combien pesait *un litre* de Jupiter, et on a trouvé 1 kilogramme 325 grammes; or, l'ensemble des mesures entreprises pour faire le même calcul vis-à-vis de la Terre a montré que si l'on mélangeait tous les matériaux terrestres, *un litre* de notre Terre pèserait 5 kilogrammes 520 grammes, c'est-à-dire quatre fois environ le nombre précédent.

Néanmoins, comme Jupiter est très

On comprend qu'une pareille masse se refroidisse très lentement. Jupiter n'est pas encore arrivé dans sa formation à l'âge de la Terre aux temps primaires. C'est un océan de feu qui roule à 777 792 000 kilomètres du Soleil. Il y a quelques dizaines de millions d'années, Jupiter brillait d'une lumière propre et formait avec notre Soleil une jolie étoile double. Plus petit que l'astre-roi, il s'est éteint avant lui.

Aucun organisme ne pourrait résister dans sa lourde et brûlante atmosphère, toute saturée de vapeurs métalliques. Entre les gaz extérieurs et la masse interne, il se forme un échange incessant de matériaux; à mesure que la planète se refroidit, les gaz emprisonnés et dissous dans le magma intérieur explosent violemment et projettent de véritables pluies de feu, gouttelettes brûlantes de métaux fondus dans une atmosphère de fournaise. Huit satellites accompagnent ce géant du système solaire et assistent à ces tempêtes des éléments déchaînés.

Lorsque ce monde sera refroidi et que sa surface pourra recevoir les germes de

vie que l'Auteur de la nature voudrait y laisser croître, notre Soleil assistera de très loin à ce spectacle, sans pouvoir, par ses rayons fécondants, contribuer à réchauffer cette surface glacée. A une telle distance, en effet, la chaleur solaire actuelle ne saurait maintenir la température du sol jovien qu'à 140 degrés au-dessous de zéro.

Que dire alors des planètes extérieures à l'orbite de Jupiter? Bien qu'elles soient perdues dans les abîmes glacés et qu'elles tournent lentement loin du Soleil, source de chaleur et de vie, continuons cependant notre visite.

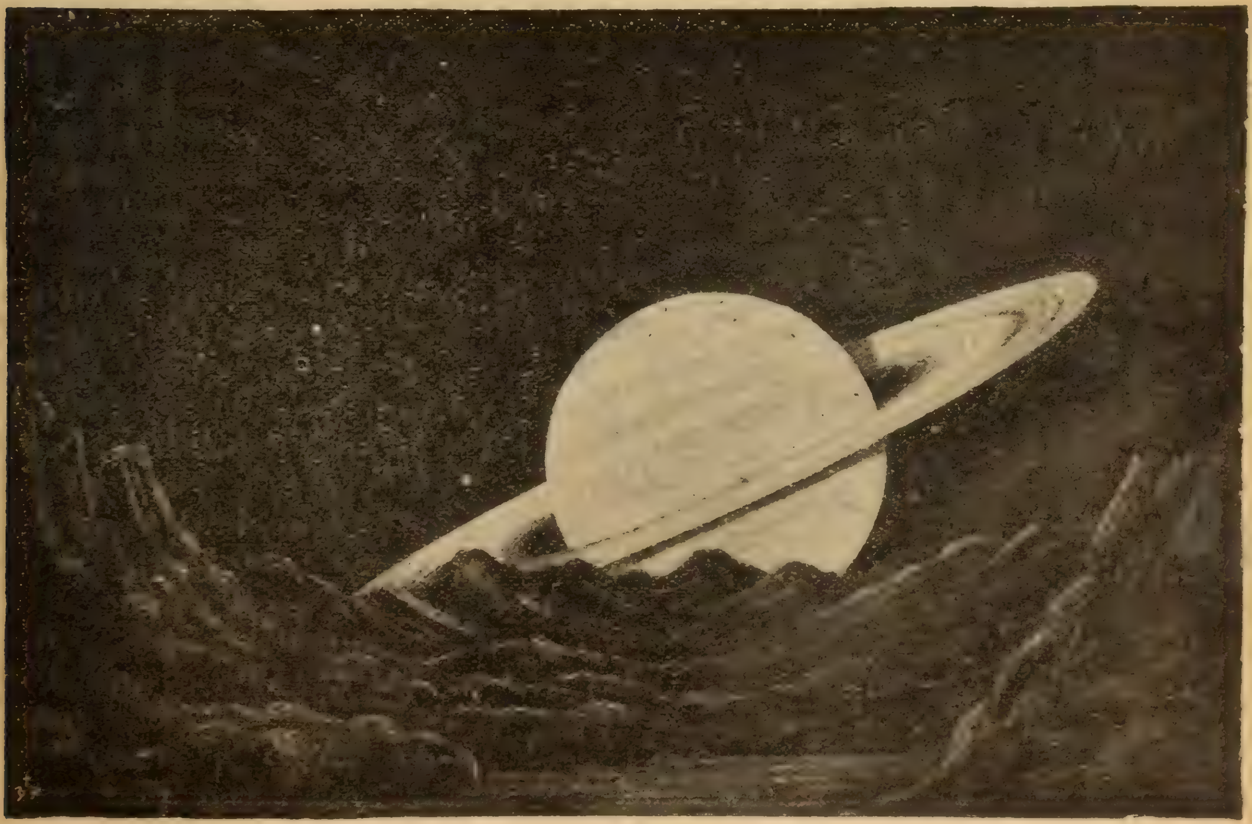
Au reste, le rayon lumineux nous emporte avec une vitesse vertigineuse : nous sommes à un milliard de kilomètres du Soleil et nous marchons toujours, ne rencontrant sur notre route que de légères comètes sillonnant l'espace. Encore quelques centaines de millions de kilomètres, et nous voici dans la sphère d'attraction de Saturne.

Quelle merveille!

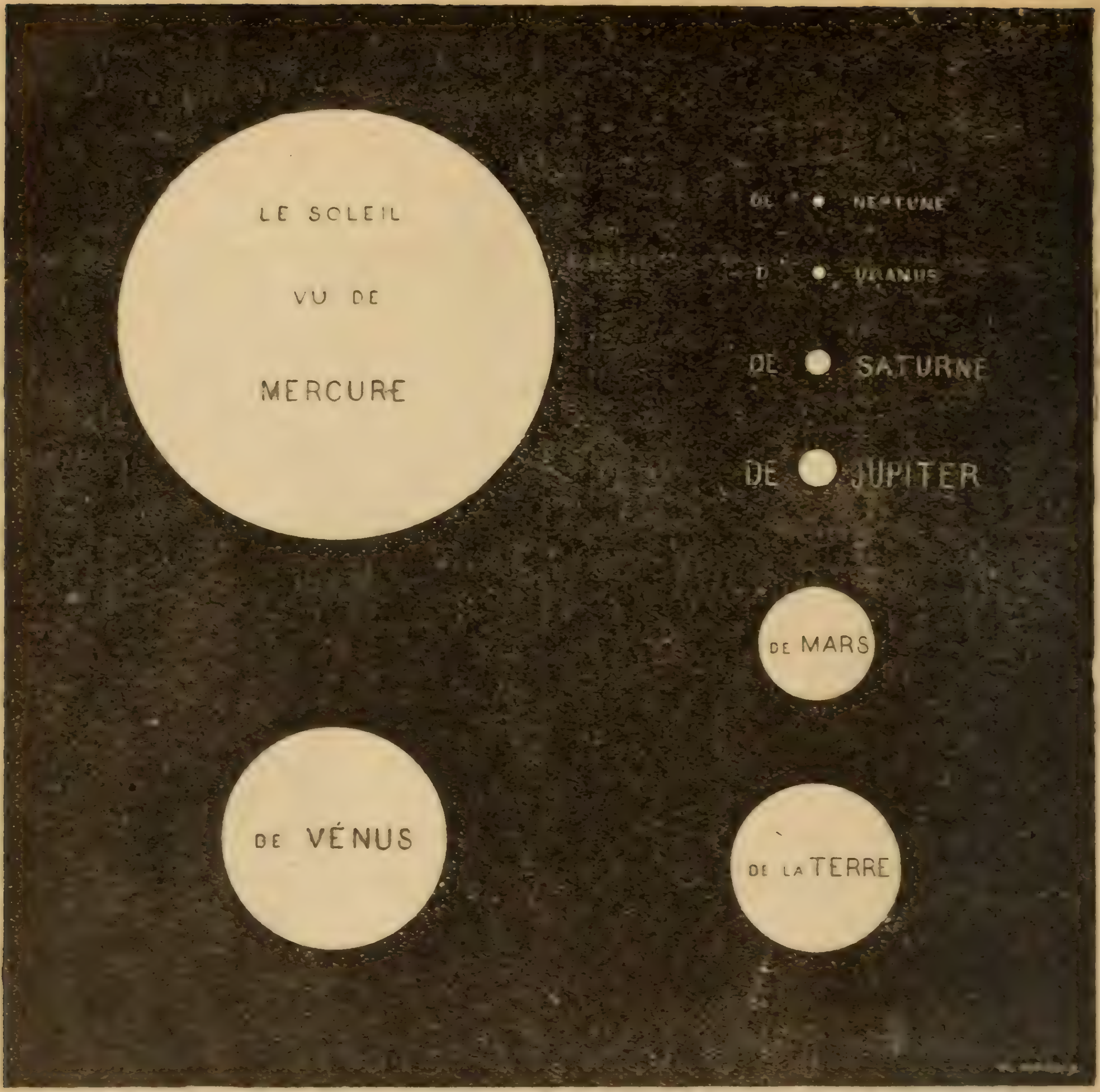
Planète énorme, 733 fois plus grosse que la Terre, Saturne est encore plus léger que Jupiter. Nous avons vu qu'un litre de cette dernière pesait 1 326 grammes; Eh bien! le même volume de Saturne ne pèse que 700 grammes, il est plus léger qu'un litre d'eau. Saturne, placé à la surface d'un immense océan constitué comme les nôtres, émergerait ainsi qu'un bouchon de liège.

Au milieu de cet amas gazeux, au sein de cette bouillante atmosphère, la vie organique ne pourrait résister, mais rien ne nous empêche d'imaginer le spectacle qui ravirait nos regards sur le monde saturnien.

Un immense anneau formé de poussières lumineuses, parce qu'elles réfléchissent la lumière solaire, circule autour de la planète à 15 ou 16 kilomètres de sa surface; de l'endroit où nous sommes, il s'élance au-dessus des nuages comme un gigantesque arc-en-ciel aux formes changeantes. Large de près de 60 000 kilomètres — 4 fois le diamètre de la Terre, — son épaisseur de 150 kilomètres, tout au plus, cache à peine les détails du ciel.



Lever de Saturne vu de son premier satellite.



Grosseur apparente du disque du Soleil vu des différentes planètes.

Dix lunes tournent en même temps autour du globe saturnien. De quel spectacle encore ne jouirions-nous pas sur le satellite le plus proche? Saturne au globe étincelant, encerclé de son anneau multicolore, s'élève lentement dans le ciel; il occupe à l'horizon une surface 100 fois plus grande que la Lune vue de la Terre. Si des êtres pensants habitent ces régions, à quelle illumination étrange et féerique ne doivent-ils pas assister! Et comme ils peuvent étudier à l'aise cette planète qui leur offre les plus beaux problèmes astronomiques posés à une intelligence!

. . . .

Encore un milliard de kilomètres et nous arrivons dans le voisinage d'Uranus, planète 71 fois 1/2 plus grosse que la Terre, monde presque inconnu des astronomes au point de vue physique; marchons toujours, et abordons Neptune.

Le rayon lumineux qui nous a transportés au sein de l'espace est parti du Soleil depuis plus de 4 heures! Quatre heures de voyage à raison de 75 000 lieues à la seconde, cela représente 4 493 084 000 kilomètres, et c'est à cette énorme distance que gravite le monde probablement glacé de Neptune.

Arrivés à ce point extrême du système planétaire, portons notre regard en arrière et cherchons à embrasser dans une vue

d'ensemble le système solaire tout entier.

De ce monde lointain, Mercure, Vénus, la Terre, Mars sont invisibles, perdus qu'ils sont dans le rayonnement du Soleil. Jupiter lui-même ne peut être aperçu que lors de ses passages sur le disque solaire sous la forme d'un tout petit point noir; Saturne, lui-même, n'est que le Mercure des Neptuniens, s'ils existent. Aux époques favorables, il possède à peine l'éclat d'une étoile de sixième à septième grandeur, tandis qu'Uranus, la planète la plus proche, brille comme le Sirius de nos ciels d'hiver.

Quant au Soleil, c'est une belle lampe à arc sans disque apparent, assez intense toutefois pour éclairer le sol de Neptune comme une lumière électrique d'une puissance de mille bougies, placée à quelques mètres seulement.

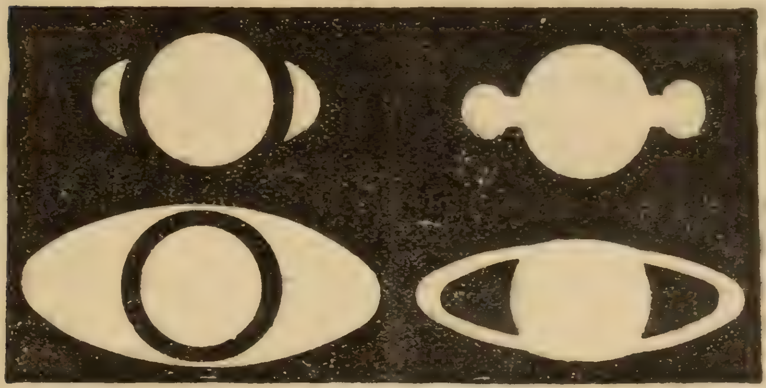
Tandis qu'Uranus a quatre satellites, Neptune n'en possède qu'un seul comme la Terre.

Cette lointaine planète, dont le volume équivaut à 70 globes terrestres, est-elle la dernière du système solaire? Ce n'est guère probable.

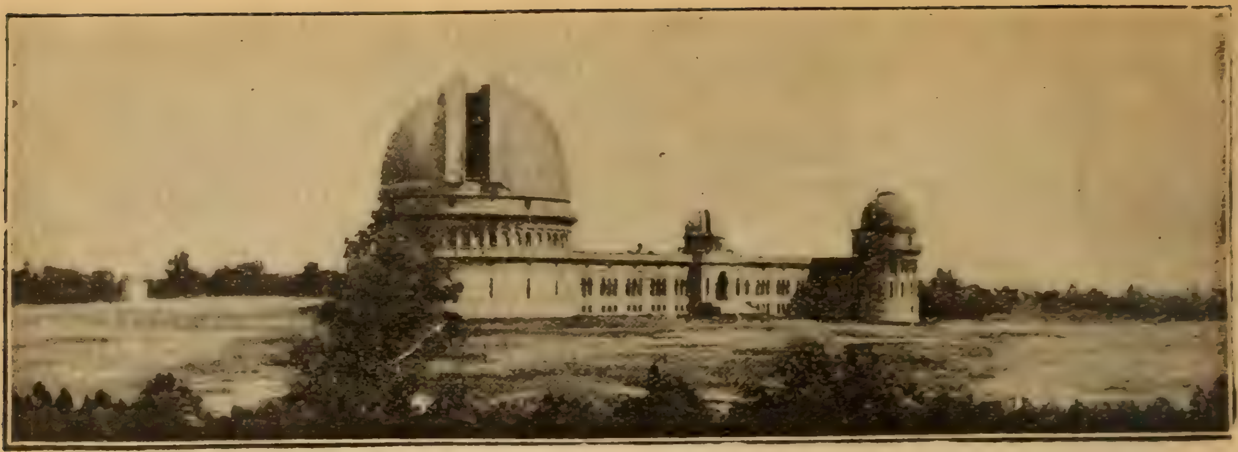
A mesure que se précisent les observations, il devient de plus en plus évident qu'Uranus est troublé dans sa marche; et divers astronomes attribuent à une ou deux planètes extérieures ces perturbations encore inexpliquées.

Une première planète transneptunienne serait à 50 fois la distance du Soleil à la Terre, tandis qu'une seconde se placerait à une distance double : 3 fois et demie la distance de Neptune au Soleil.

Le jour où la photographie enregistrerait cette découverte, notre système planétaire s'étendrait à près de 16 milliards de kilomètres!



Anciens dessins de Saturne.
(D'après Gassendi et Huygens.)



CHAPITRE IV [1]

LA GÉOGRAPHIE DU CIEL

Notre rayon lumineux nous a ramenés sur la Terre; le Soleil est couché, l'ombre qui descend lentement enveloppe toutes choses dans un silence calme et religieux.

Peu à peu le paysage disparaît, les couleurs s'atténuent : à l'Ouest, le ciel du couchant prend des teintes roses qui tournent au mauve clair pour se fondre graduellement en des tons d'émeraude et d'opale. Quelques minutes encore et ce sera la nuit.

Voici maintenant les étoiles qui s'allument sur la voûte céleste. Chaque soir, devant cette magnificence, lorsque là-haut, sur ma terrasse, près de la coupole de l'Observatoire, j'aspire les senteurs de la vallée que disperse la brise, je ressens toujours la même impression; j'éprouve comme le sentiment d'un temps d'arrêt au cours des mouvements qui nous entraînent dans l'immensité de l'espace et du temps.

Sans aucun doute, voilà le spectacle qui a donné aux hommes leur première leçon d'astronomie, qui a posé à leur intelligence les problèmes dont nous cherchons encore la solution.

Avant que l'écriture fût connue, les pasteurs contemplaient les astres et observaient curieusement les phases de notre satellite. Pendant longtemps, les différents aspects de la Lune constituèrent tout leur calendrier.

Puis on constata le déplacement du Soleil dont les positions graduellement changeantes ramènent au bout d'une année le même aspect du ciel.

Les étoiles, au contraire, paraissant garder entre elles des situations invariables, il était naturel de les grouper sous différents noms : les appellations de la *Grande Ourse*, *Orion*, les *Pléiades*, remontent aux premiers âges de l'humanité.

Mais, règle générale, il n'y a aucune relation entre la forme des groupes d'étoiles, les *constellations*, et le nom qui les désigne.

En quoi la *Grande Ourse*, appelée aussi *Chariot*, ressemble-t-elle à un animal ou à une voiture?

Et cependant, c'est un fait bien remarquable que chez tous les peuples un grand nombre de constellations portent des noms identiques.

(1) Le frontispice de ce chapitre représente une vue générale de l'Observatoire Yerkes, en Amérique.

Nous retrouvons le vocable de l'*Ourse* aussi bien chez les Asiatiques que chez les Phéniciens d'autrefois, chez les Grecs comme chez les Arabes, les Latins et même les Iroquois, ces anciens Peaux-Rouges de l'Amérique du Nord.

Les *Hyades* placés sur la tête du *Taureau* et connues sous ce nom chez les peuples orientaux ont été appelées *Mâchoires de Bœuf* par les indigènes d'Amérique.

Nos *Pléiades*, chantées par Homère et Virgile, appelées chez nous *Poussinière*, étaient connues des Indiens sous le nom de *Petits de la Poule*.

Ces coïncidences sont trop étranges et trop souvent répétées pour être dues au hasard; elles ne peuvent s'expliquer que par un ensemble de traditions conservées et qui dénotent une même origine.

Nest-ce pas qu'il est bien curieux de voir l'Astronomie confirmer à sa manière la dispersion des peuples enseignée par la Bible et la communauté d'origine des différentes races humaines?

. . . .

La nuit est maintenant complète. A côté des étoiles que l'œil groupe instinctivement dans une figure qui s'impose en quelque sorte, remarquez ces astres plus petits dont la lumière paraît osciller comme l'éclat d'un phare perdu dans la brume. Voez le groupe des *Pléiades;* combien comptez-vous d'étoiles?

Tantôt six, tantôt sept, huit ou neuf; les unes sont comme des feux discontinus, d'autres se laissent soupçonner à longs intervalles.

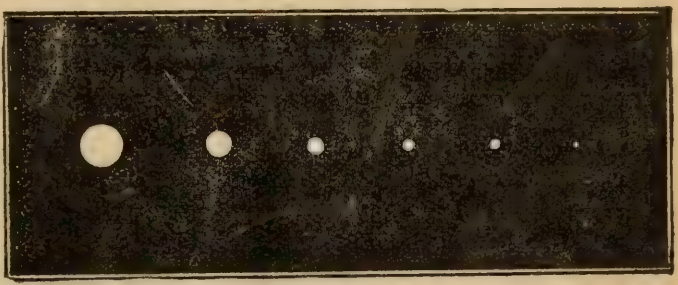
Tous les astres n'ayant pas la même intensité lumineuse, il parut donc naturel de les ranger, de les classer d'après leurs apparences.

Les étoiles les plus brillantes sont celles de première grandeur, sans qu'une appellation de ce genre puisse nous faire préjuger de leur grosseur réelle.

Lorsque Mars est près de nous, ne paraît-il pas toujours plus brillant que Saturne, alors que cependant nous nous sommes assurés que la rouge planète n'est qu'un pygmée en comparaison de sa grande sœur portant ceinture dorée.

Vues de la nacelle d'un ballon, les soldats d'une armée sont comparables à des fourmis; c'est que pour apprécier la grosseur d'un objet, nous le savons déjà, il faut tenir compte de sa distance. Les étoiles sont plus ou moins éloignées dans l'espace insondable, mais une illusion involontaire nous les fait projeter sur un même fond : celui de la voûte céleste.

Cette voûte elle-même n'existe pas réellement; ce n'est qu'une apparence créée de toutes pièces par notre imagination. En réalité, les étoiles sont des corps ronds comme notre Soleil, répandant comme lui une lumière propre, flambeaux



Eclat relatif des étoiles visibles à l'œil nu, de la première grandeur à la sixième.

qui peuvent même éclairer comme lui des planètes analogues à la Terre, à Mars ou à Saturne.

Et maintenant, essayez de compter une à une ces étoiles dont les rayons illuminent les plages lointaines de l'océan des cieux?

En face de ce spectacle sublime devant lequel personne ne saurait rester indifférent, en présence de cette mystérieuse prodigalité, les hommes de tous les âges se sont depuis longtemps posé le même problème.

N'est-ce point cette pensée que développe l'écrivain sacré nous rapportant les paroles du Tout-Puissant à Abraham : « Examine le ciel et, si tu le peux, compte les étoiles... » et plus loin : « Je multiplierai ta postérité comme les étoiles du ciel... »

Ce problème du nombre des étoiles simplement visibles à l'œil nu n'est pas

aussi difficile qu'on serait tenté de le croire.

Par une nuit claire, d'un horizon à l'autre, une bonne vue ne distingue que 3 000 étoiles environ. Mais, à chaque moment, nous n'apercevons qu'une moitié de la voûte céleste, l'autre moitié nous demeurant cachée par la Terre; nous devons donc doubler le chiffre précédent et nous arriverons à un ensemble de 6 000 étoiles.

Tel est le nombre approximatif des points brillants que notre vue simple peut distinguer dans le ciel entier.

Certaines personnes toutefois en comptent un peu plus, l'acuité visuelle n'étant pas la même pour tous.

A l'œil nu, on peut atteindre jusqu'à la 6e grandeur, soit un total de 7 647 étoiles ainsi réparties d'après les plus récentes évaluations :

21 étoiles de première grandeur
52 étoiles de deuxième grandeur
157 étoiles de troisième grandeur
506 étoiles de quatrième grandeur
1 740 étoiles de cinquième grandeur
5 171 étoiles de sixième grandeur

Soit un total de 7 647 étoiles des six premières grandeurs.

Maintenant, autre problème : lorsque nous parlerons d'une étoile déterminée, comment la reconnaîtrons-nous?

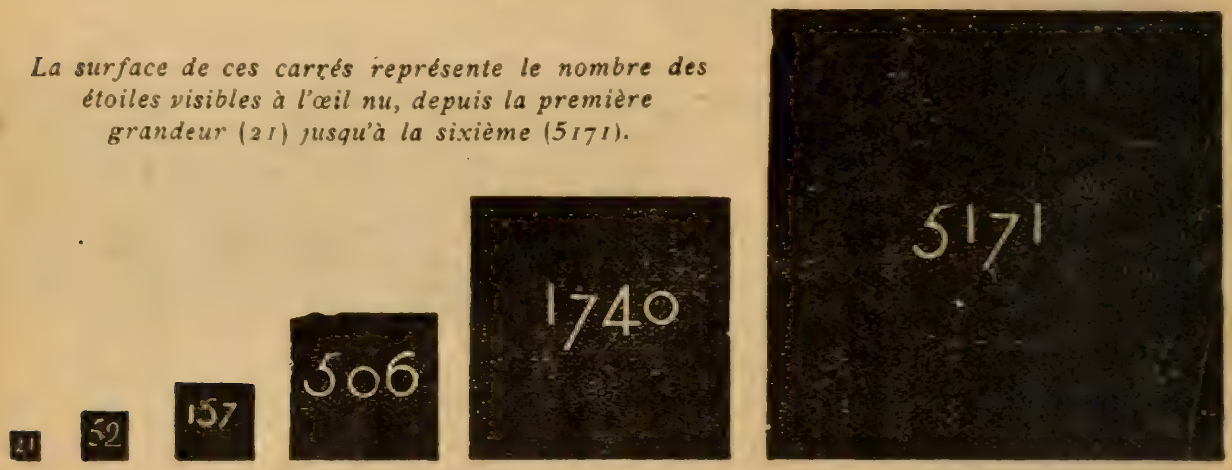
Nos constellations divisent le ciel en véritables départements; nous pourrions donc nous contenter d'assigner à chaque étoile un numéro d'ordre dans sa constellation. Mais on a préféré garder les anciens usages et n'employer ces numéros qu'après avoir épuisé la liste des lettres des alphabets grec et latin.

Ainsi l'étoile la plus brillante portera le nom de alpha (α) (1), la suivante s'appellera bêta (β), et ainsi de suite : gamma (γ), delta (δ), epsilone (ε), zêta (ζ); puis viennent nos lettres a, b, c, d, etc., et enfin des numéros d'ordre auxquels on ajoute souvent les initiales d'un catalogue.

Quelques étoiles seulement, au nombre de 80 environ, ont reçu un nom de baptême comme *Altaïr*, de la constellation de l'Aigle; *Deneb*, de la constellation du Cygne; *Aldébaran*, du Taureau; *Alcor*, étoile de cinquième grandeur dans le Chariot.

Mais ces moyens seraient bien insuffisants pour fixer la position d'une étoile déterminée. Aussi les astronomes ont-ils eu recours, depuis longtemps, à des données plus précises.

La surface de ces carrés représente le nombre des étoiles visibles à l'œil nu, depuis la première grandeur (21) jusqu'à la sixième (5171).



Pour repérer la position exacte d'une ville sur la Terre, nous savons que les géographes emploient deux distances : la *longitude* ou distance du lieu au premier méridien, la *latitude* ou distance du lieu à l'équateur.

Mais la sphère céleste est en tout point comparable à la sphère terrestre. Nous pouvons y remarquer deux points fixes : deux *pôles* autour desquels paraissent tourner

(1) Ces noms sont ceux par lesquels on désigne les lettres grecques : *b*, qui se prononce *bé* en français, s'épelle *bêta* en grec; *e*, *epsilone*, etc.
Notre mot alphabet tire son origine de la première lettre grecque *a*, qui s'appelle *alpha*.

Les constellations de l'hémisphère boréal.
(D'après l'atlas de FLAMSTEED.)

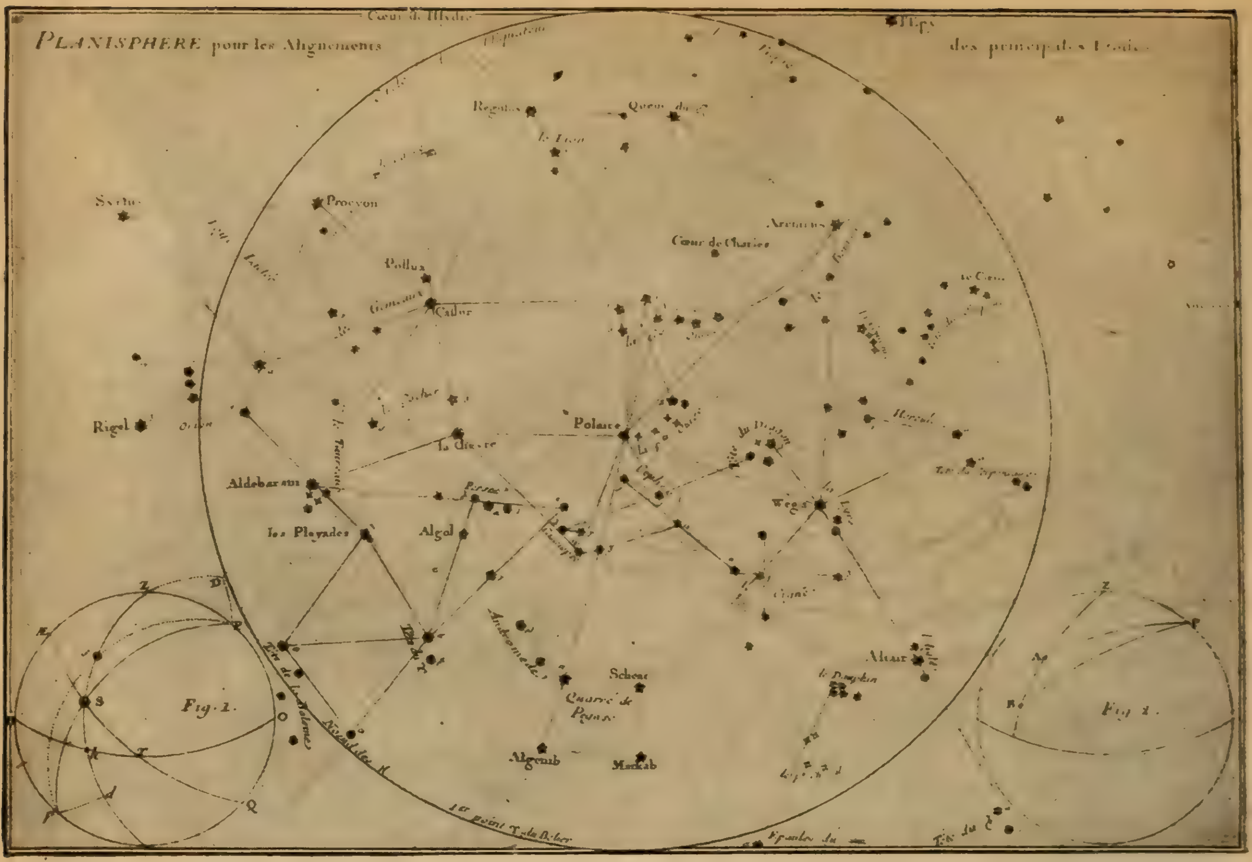
toutes les étoiles en un jour, en raison de la rotation de la Terre sur son axe. On peut donc imaginer des cercles analogues à nos méridiens et qui passent par les pôles célestes. On peut aussi couper ces sortes de méridiens (1) par la moitié au moyen d'un véritable *équateur*, comme sur nos mappemondes.

S'agit-il maintenant de fixer la position d'une étoile, nous prendrons sa distance à un premier cercle passant par les pôles; nous aurons l'*Ascension droite* de l'étoile analogue à notre *Longitude;* puis la distance à l'équateur, ce qui nous fournira la *Déclinaison*, analogue à notre *Latitude*.

Grâce à ce procédé très simple, aucune étoile ne pourra être confondue avec sa voisine, puisque sa place dépend de deux nombres, deux distances, qui varient pour chaque point de la voûte céleste.

Il n'y a qu'une seule différence entre les deux méthodes: Pour la sphère terrestre, les mesures sont faites *sur* le globe, tandis que s'il s'agit du ciel les mesures

(1) Ces cercles en astronomie sont appelés *cercles horaires*.



Pour apprendre à se reconnaître dans le ciel, on se sert d'alignements d'étoiles.
(Gravure tirée de l'atlas de FLAMSTEED.)

sont rapportées à la voûte céleste, c'est-à-dire à une sphère vue *en dessous* et de l'intérieur.

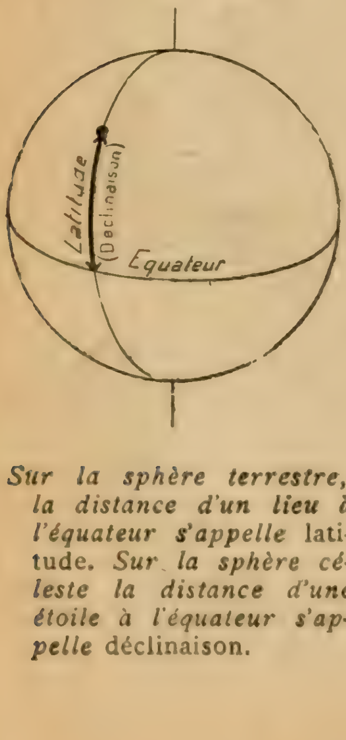
A la fin du XVII^e^ siècle, les catalogues ne comprenaient que la position de 1 553 étoiles! C'était bien peu.

Mais à partir de 1610, date de l'invention des lunettes, la tâche est reprise avec ardeur.

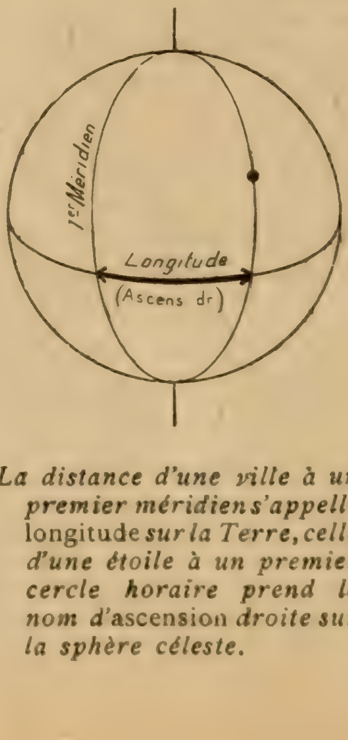
En 1725, Flamsteed donne un catalogue de 3310 étoiles. Plus tard, pendant que l'orage de 1789 gronde dans Paris et fait tomber les têtes, l'astronome J. Lalande s'enferme dans l'Observatoire de l'École militaire et dirige ses lunettes vers le ciel où il étudie le cours silencieux des astres ainsi que leurs révolutions moins sanguinaires.

En 1830, Lalande fournit un catalogue de 47 390 étoiles repérées. Pour qui sait les difficultés que rencontre l'astronome dans les observations de ce genre, la multiplicité de ces observations, la correction et les longs calculs à effectuer pour arriver à déterminer la position précise d'une seule étoile, l'œuvre de Lalande nous apparaît prodigieuse et presque fantastique.

Et tout cela n'est rien en comparaison du catalogue d'Arge-

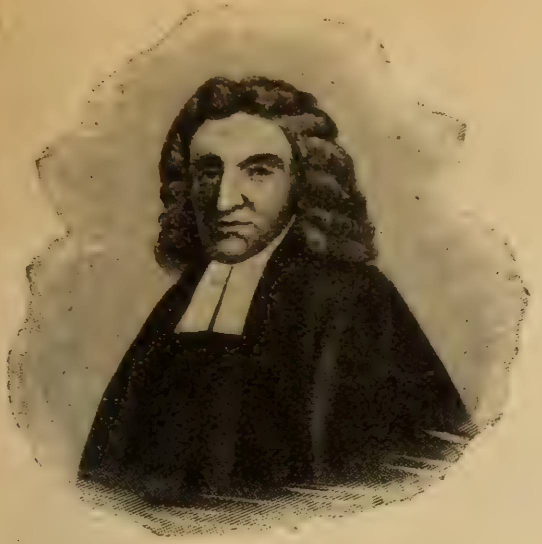


Sur la sphère terrestre, la distance d'un lieu à l'équateur s'appelle latitude. *Sur la sphère céleste la distance d'une étoile à l'équateur s'appelle* déclinaison.



La distance d'une ville à un premier méridien s'appelle longitude *sur la Terre, celle d'une étoile à un premier cercle horaire prend le nom d'*ascension *droite sur la sphère céleste.*

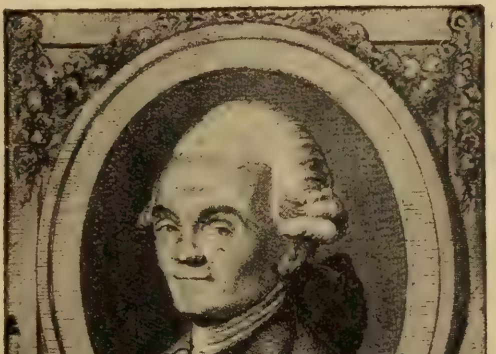
lander; en 1862, cet astronome a porté le nombre des étoiles repérées à 324 198!



Le Rév. John Flamsteed, célèbre astronome anglais (1646-1719).

A partir de 1865, dix observatoires anglais et allemands travaillent à compléter l'œuvre d'Argelander et y ajoutent en une vingtaine d'années 130 000 étoiles, soit au total plus de 450 000 étoiles. On avait déjà dépassé la neuvième grandeur.

Mais les difficultés s'amoncellent à mesure qu'on avance et que les instruments pénètrent plus profondément dans les espaces célestes. Le travail paraît sans fin, et à travers les puissants télescopes, l'horizon de l'univers recule indéfiniment. C'est en vain qu'au milieu du XIXe siècle on a tenté de dresser des cartes comprenant cinq degrés carrés. En une trentaine d'années, 80 cartes seulement sont terminées, alors que pour représenter de la même manière le ciel entier, il en faudrait 1 500! soit un travail total de plus de cinq siècles!



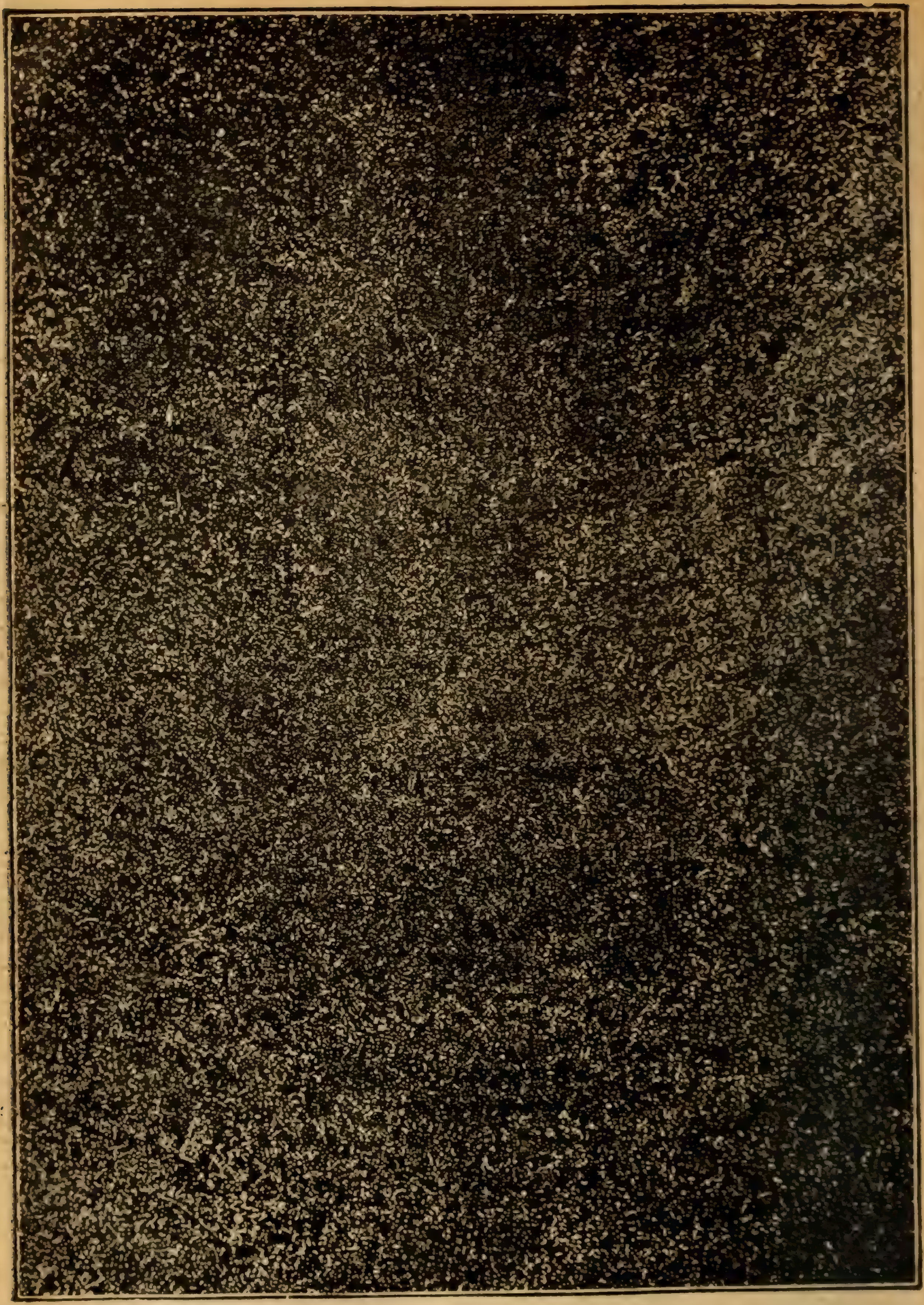
J. de Lalande ou Lalande (1766-1839), astronome français, qui a fourni en 1830 un catalogue de 47 390 étoiles repérées.

Dès qu'on approche de la Voie lactée, qui apparaît sous les grossissements télescopiques comme un véritable semis d'étoiles, la tâche devient absolument impossible. Les astres sont si serrés, si nombreux, que les astronomes ne peuvent plus les reconnaître. Sur certaines cartes de cinq degrés carrés, il faudrait repérer 18 000 étoiles.

Argelander, astronome allemand, auquel nous devons un magnifique catalogue d'étoiles (1799-1875).

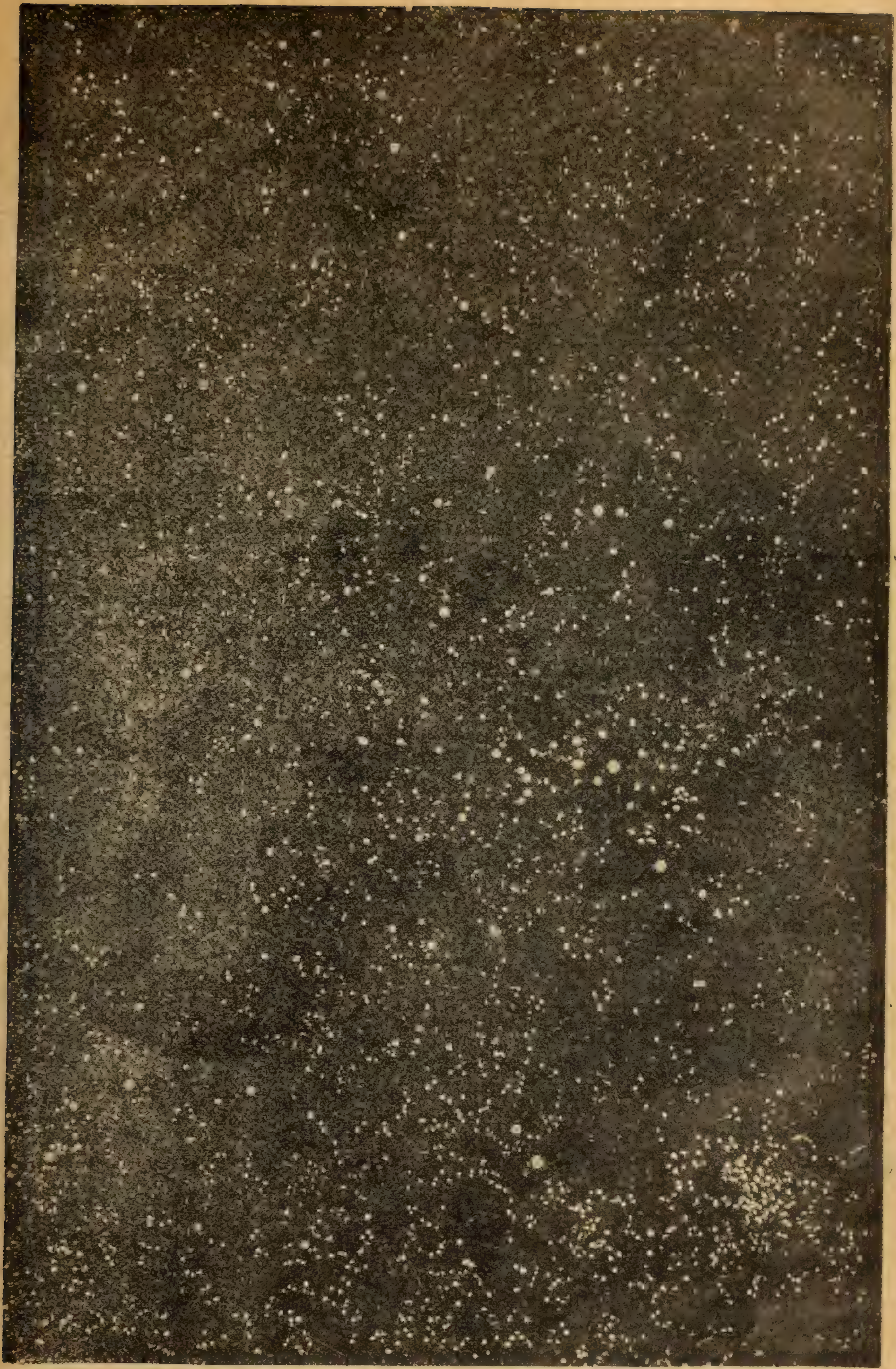
Entre temps, la photographie céleste avait fait de grands progrès. Il y avait alors à l'Observatoire de Paris deux astronomes, MM. Paul et Prosper Henry, qui, travailleurs infatigables, se décidèrent à mettre la photographie au service de la *géographie du ciel.*

« Et d'ailleurs, écrivait en 1887 l'amiral Mouchez, nul mieux qu'eux, n'était préparé pour résoudre ces difficultés, car suivant les traditions trop abandonnées aujourd'hui des grands astronomes des siècles passés qui s'occupaient eux-mêmes de la construction de leurs



Spécimen d'une carte céleste d'Argelander; toutes les étoiles ont été repérées à la lunette.

instruments, ils consacraient depuis longtemps dans leur modeste atelier de Montrouge tous les moments de liberté que leur laissait leur service très actif à l'Observatoire de Paris à l'étude de la taille et du polissage des grands verres d'optique »



Un coin de la constellation des Gémeaux.

Il leur fut donc facile de construire, à titre d'essai, un premier objectif de 16 centimètres d'ouverture destiné à prendre des clichés du ciel.

C'est la reproduction d'un de ces clichés que vous avez sous les yeux; merveille de netteté que m'ont offerte les frères Henry eux-mêmes.

Cette photographie représente un coin de la constellation des Gémeaux. Des milliers d'étoiles, pendant la longue pose, sont venues automatiquement peindre leur image sur la gélatine imprégnée de bromure d'argent. Si l'on a soin de la comparer avec le dessin de la même région obtenu au télescope, après des nuits de labeur, cela peut se passer de tous les commentaires.

M. P. Gautier, constructeur français, mort en 1907.

Après ces brillants succès, la supériorité de la nouvelle méthode était démontrée une fois pour toutes.

La plaque sensible agrandissait l'Univers en nous révélant des astres que l'œil humain, même aidé de plus puissants instruments, ne pourra jamais contempler.

Ce fut alors que l'amiral Mouchez, directeur de l'Observatoire de Paris, conçut l'idée grandiose d'une œuvre internationale destinée à nous donner en quelques années la figure exacte des régions célestes.

Dix-huit Observatoires du monde entier répondirent successivement à son appel, et, en 1887, l'exécution de la carte photographique du ciel fut décidée. Les frères Henry taillèrent dix-huit objectifs identiques de 33 centimètres d'ouverture, et l'habile artiste qu'était M. Paul Gauthier se chargea de la construction des équatoriaux destinés à recevoir les lentilles.

Peu à peu, les observatoires s'organisèrent, et différents Congrès purent fixer les conditions dans lesquelles les photographies seraient obtenues.

Une résolution importante concerna l'utilisation des clichés 16 × 16. Il fut décidé qu'une pose donnerait d'abord le *catalogue* d'étoiles repérées; leur nombre atteindrait *deux millions*. Une seconde pose aurait pour but la confection d'une *carte du ciel*. A première vue, celle-ci pourrait comprendre *trente millions* d'étoiles, mais il est probable que ce chiffre est déjà dépassé; si les clichés enregistrent les étoiles de 18e grandeur, il sera supérieur à *cent millions*.

Afin de ne pouvoir confondre sur les plaques photographiques les plus faibles images des étoiles avec les grains de poussière et les défauts de la plaque, on imagina de prendre certains clichés avec trois poses successives en donnant un léger déplacement à la lunette. De cette façon, chaque étoile fournirait trois images, trois petits points disposés en triangle.

Le nombre moyen des clichés pour chaque observatoire devait atteindre 1 200.

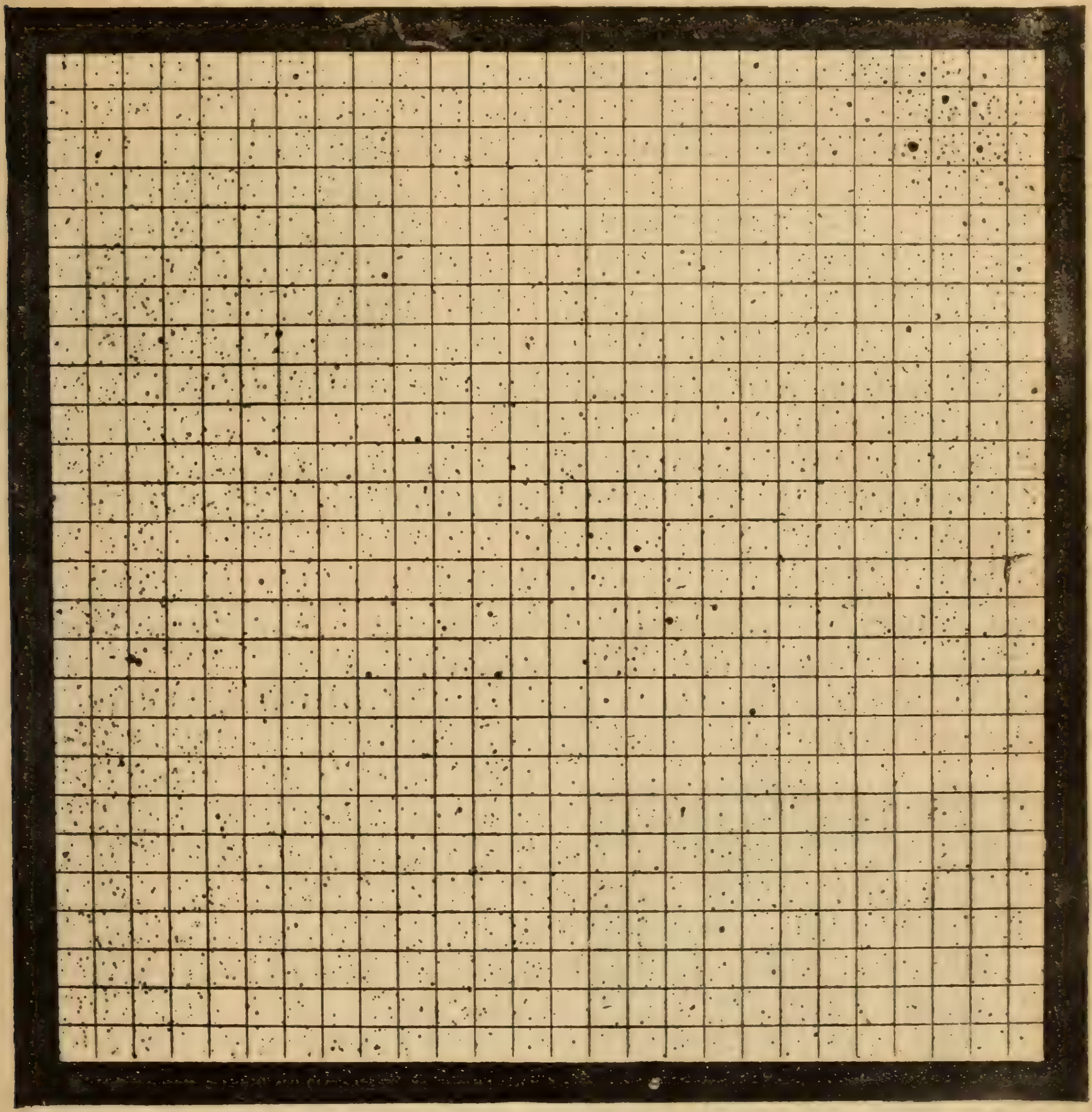
L'amiral Mouchez avait estimé que la carte complète couvrirait une surface de 170 mètres carrés, mais comme les photographies ont été prises plusieurs fois et que, pour les vérifications des mesures (voir pages 24 et 30), chaque angle d'un cliché vient coïncider avec le centre du cliché suivant, la superficie couverte sera au moins égale à plus de 500 mètres carrés.

Comment utiliser de pareils documents? Comment arriver à compter un aussi grand nombre d'étoiles, à en dresser un catalogue exact? Ce travail a été réservé en grande partie à un personnel de jeunes filles travaillant dans un bureau spécial de l'Observatoire de Paris.

Pour faciliter la tâche, un réseau quadrillé a été imprimé sur les plaques qui sont ainsi divisées en tout petits carrés. Dès lors, la question du nombre d'étoiles contenues dans chaque cliché ne devient qu'affaire de temps et ouvrage de patience.

Reste à fixer la position de chaque étoile. A cet effet, l'objectif d'un microscope peut parcourir la plaque de gauche à droite et de haut en bas, et le centre de chaque image stellaire est amené à hauteur du centre du champ de vision. A chaque opération, on évalue les déplacements correspondants à l'aide de tambours gradués placés latéralement et assez précis pour donner les vingtièmes de millimètre.

La position de toutes les étoiles sur les plaques une fois connue, il devient possible, au moyen d'étoiles repérées, de transformer tous les nombres en ascensions droites et en déclinaisons; et ce travail que l'œil, même secouru par les plus puissants instruments, n'aurait osé entreprendre sera bientôt accompli, grâce à la sensibilité autrement grande de la rétine photographique; grâce aussi, il faut le dire bien haut, à l'initiative de la Science française, au zèle et au dévouement de travailleurs souvent obscurs, concourant à l'œuvre commune et gigantesque de la confection d'un Atlas du ciel.



Spécimen d'un cliché réduit de la carte photographique du ciel.

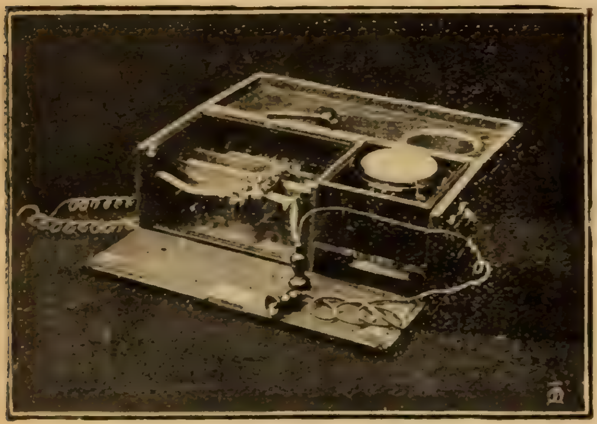
Et maintenant, nous pouvons nous demander quelle précision nous devons espérer de la méthode photographique.

Autrefois, et même encore aujourd'hui, pour fixer la position des étoiles de repère, les astronomes ont dû passer bien des nuits l'œil rivé à l'oculaire de leur lunette méridienne.

Ces oculaires sont traversés de fils plus fins que les fils d'araignée, et lorsqu'une étoile, par son mouvement dans le ciel, parcourt ces divisions, l'observateur attentif note à l'aide d'un pendule à secondes le moment exact du passage, afin de convertir l'heure en degrés, minutes et secondes d'arc.

Par la pratique, on arrive facilement à évaluer le dixième de seconde, et le travail actuel est grandement facilité par l'adjonction à la lunette d'un appareil électrique qui peut inscrire, au gré de l'observateur, le temps exact à quelques centièmes de seconde près.

Sous ce rapport, la technique moderne surpasse tout ce que l'on pourrait imaginer. Lors de l'éclipse totale de Soleil que ma mission a étudiée à Sfax en 1905, j'ai pu me servir d'un chronographe sorti des ateliers de M. P. Ditisheim, constructeur à La Chaux-de-Fonds; cet instrument, merveille de précision, peut donner le centième de seconde sur une bande de



Le chronomètre enregistreur construit par M. P. Ditisheim (de La Chaux-de-Fonds).

papier analogue à celle d'un télégraphe Morse ou Hughes. Dans certains observatoires, on utilise même des instruments imprimant en chiffres le dixième de seconde, et le résultat est bien suffisant pour le repérage des étoiles.

Eh bien! l'inscription sur la plaque photographique, grâce à la perfection des appareils construits par M. Paul Gautier, de regrettée mémoire, est de même nature; si quelques esprits chagrins ont pu manifester une certaine méfiance lors de la

M. Lœwy, astronome français, ancien directeur de l'Observatoire de Paris (1833-1907).

mise en train du catalogue photographique, leurs craintes doivent disparaître maintenant.

Sous l'initiative de M. Lœwy, directeur de l'Observatoire de Paris, un Congrès international décida, en 1900, d'utiliser les lunettes employées à la confection de la Carte du Ciel à la recherche de la distance du Soleil à la Terre.

Cette distance, qui est l'unité fondamentale des mesures célestes, était connue avec une incertitude assez grande avant le XX^{e} siècle.

La découverte, en avril 1898, de la petite planète *Eros*, qui gravite entre Mars et la Terre et s'approche de nous à une distance plus faible que tous les astéroïdes connus, pouvait servir à fixer la grande unité astronomique.

Mais, pour cela, il fallait des mesures extrêmement précises de sa position, et le temps faisait défaut.

C'était donc le cas ou jamais de faire servir à cette détermination la plaque photographique. Quarante-sept observatoires se déclarèrent prêts pour la campagne

astronomique entreprise par M. Lœwy. En quelques années, on put réunir plus de 10000 observations photographiques d'étoiles, et on se mit à l'œuvre pour la réduction des clichés.

L'entreprise était colossale, mais les résultats dépassèrent encore l'espoir des astronomes.

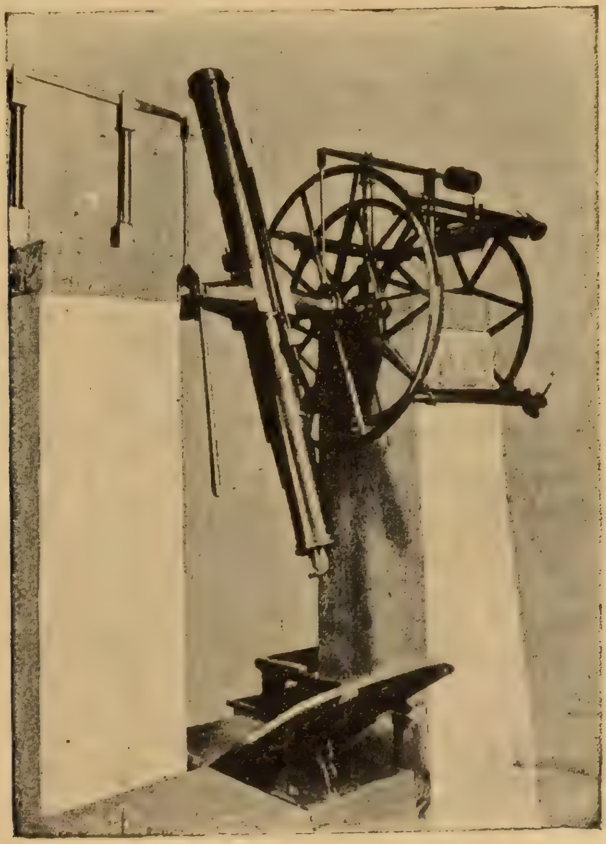
Les mesures ont atteint aujourd'hui une précision de l'ordre du *millième* de seconde d'angle, ce qui revient à dire qu'on peut à l'aide de cette méthode mesurer l'épaisseur d'un cheveu vu à 2400 mètres! C'est presque incroyable.

En admettant même que le chiffre seul des centièmes de seconde soit exact, nous avons la distance du Soleil à un millième près, et, en mesurant cette immense longueur, les astronomes ne commettent pas une erreur plus grande que ne le ferait un arpenteur appréciant à *un mètre* près la distance de 1660 mètres.

Les dernières évaluations ont donné 149495000 kilomètres, mais les mesures seront reprises en 1931, prochain passage d'Eros, et la distance du Soleil à la Terre sera plus précise encore; nous ne ferons pas un écart de *un décimètre* sur 1660 mètres!

C'est grâce à ces données que nous pouvons maintenant aborder un problème autrement difficile, la distance du système solaire aux étoiles.

Sa solution va nous renseigner définitivement sur notre infinie petitesse, sur la grandeur de l'Univers que nous habitons, et peut-être aussi sur la place que la Terre occupe dans l'immensité des cieux où elle est semblable à un minuscule grain de sable perdu au milieu du grand désert africain.



Lunette méridienne pour le repérage des étoiles.

CHAPITRE V

NOTRE AMAS STELLAIRE

D'UNE manière générale, l'instruction *obligatoire* donnée dans nos écoles est si sommaire que j'ai rencontré souvent des hommes, passant pour instruits, mettre en doute la possibilité de mesurer les distances de la Terre au Soleil ou à la Lune.

Au cours de mes nombreuses conférences, que de fois n'ai-je pas eu l'occasion de voir un sourire d'incrédulité accueillir les nombres exprimant les résultats des calculs astronomiques !

Il m'a donc paru opportun d'insister ici sur les méthodes que nous employons pour la mesure des distances célestes.

Si l'on vous donne une poutre à mesurer, vous vous servirez d'un *mètre*, et, le transportant de proche en proche, vous chercherez combien de fois il est contenu dans la longueur totale. De la même façon, un arpenteur, au moyen d'un décamètre, mesure l'étendue d'un champ ou la longueur d'une route.

Mais cette méthode serait bien longue et bien fastidieuse au cas où vous seriez appelé à dresser le plan d'une grande superficie, un plan cadastral, par exemple. Vous ignorez peut-être qu'elle vous conduirait au surplus à de graves erreurs, et la preuve, la voici :

Essayez d'arpenter très soigneusement une propriété de grande étendue, et recommencez dix fois cette opération. Dix fois vous trouverez des résultats différents, car jamais vous ne serez assuré d'avoir mis votre décamètre bout à bout.

Si les géographes s'étaient simplement servis d'une chaîne d'arpenteur et d'une équerre, ils seraient bien empêchés de dresser une carte exacte de la France, à plus forte raison de l'Europe et des cinq parties du monde. Heureusement qu'il existe des procédés plus expéditifs, quoique très simples.

Au lieu de les enseigner à nos élèves qui « font leurs classes », nous préférons leur faire apprendre de trop nombreuses dates d'histoire, qu'ils auront le bon esprit, d'ailleurs, d'oublier au plus tôt.

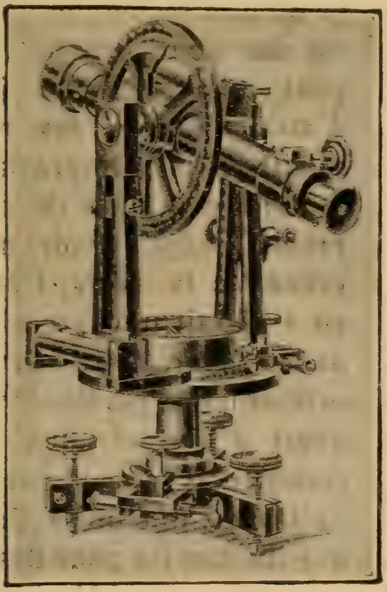
Les autres sciences ne sont pas mieux traitées ; en Géométrie, combien d'élèves, apprenant leurs théorèmes par cœur, seraient totalement incapables, à la fin de leurs études, d'évaluer proprement le volume d'un remblai ou d'un simple tas de pierres !

En Chimie, on enseignera la théorie peu connue d'ailleurs et même très discutée de la formation de l'acide sulfurique, et on négligera de décrire la fabrication du savon.

En Physique, on donnera des problèmes sur la masse de la vapeur d'eau liquéfiée dans un mètre cube d'air, lorsque la tem-

pérature de celui-ci est abaissée de vingt degrés, mais on oubliera d'apprendre la lecture correcte d'un baromètre. L'élève possédera tous les secrets de la machine d'Atwood pour la vérification des lois de la pesanteur, mais quand il lui faudra, plus tard, calculer la puissance d'une chute d'eau sur une rivière coulant au bas de son jardin, il aura besoin d'un praticien pour l'évaluer.

Dans aucune école d'enseignement secondaire on n'apprend aux élèves la



Théodolite, appareil analogue au graphomètre, mais beaucoup plus précis et servant à mesurer les angles.
(Modèle de la Maison Vion, Paris).

pratique même sommaire de l'arpentage.

A plus forte raison ceux qui sortent de ces établissements ne sauraient-ils utiliser un graphomètre ou un théodolite pour la mesure des angles!

Dans les classes de Lettres-Mathématiques, on enseigne toutefois la Trigonométrie, mais l'élève serait incapable par cette même méthode de mesurer pratiquement la distance d'un endroit à un point inaccessible. Dès son baccalauréat, le jeune homme qui n'aura rien retenu de la théorie sera prêt à nier les résultats de la pratique.

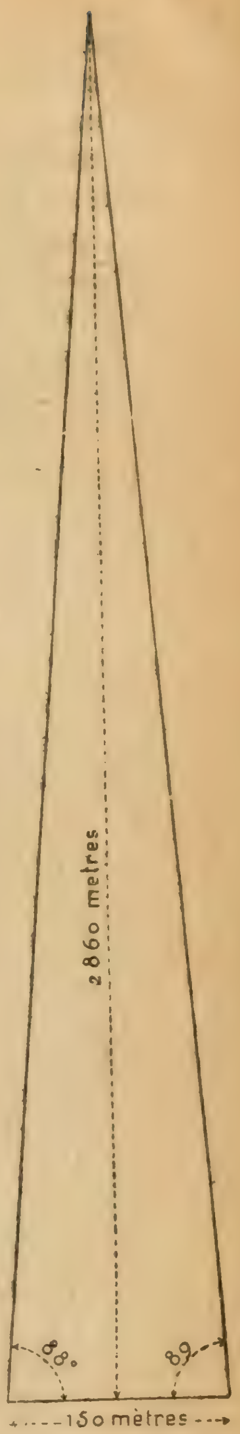
Nous voici ramenés au problème qui nous intéresse : la mesure des distances de la Terre aux astres voisins.

La Géométrie enseigne que pour déterminer les éléments d'un triangle, il suffit de posséder la valeur de sa base et de sa hauteur, c'est-à-dire la distance de cette base au sommet opposé. Or, la Trigonométrie, pour résoudre ce même problème, peut se passer de la hauteur; il lui suffira de connaître la base du triangle et de mesurer, à l'aide d'un graphomètre ou d'un théodolithe, les deux angles à ses extrémités.

Sans sortir de votre propriété, en traçant une base exactement mesurée, vous pouvez donc déterminer le nombre de kilomètres qui vous séparent d'un clocher placé tout là-bas, à la limite de l'horizon. Et le résultat sera d'autant plus précis que vos mesures de base et d'angles seront plus soigneusement effectuées.

Si votre base a 150 mètres et vos angles 88 et 89 degrés respectivement, le calcul vous dira que votre clocher est à une distance de 2 860 mètres, à quelques centimètres près.

Il est facile de remarquer que l'angle au sommet du triangle sera d'autant mieux évalué que votre base sera plus grande.



Lorsqu'un triangle mesure 150 mètres de base avec des angles de 88 et 89°, nous pouvons en déduire la distance du sommet à la base (hauteur) qui est de 2 860 mètres.

L'astronome n'emploie pas une méthode différente lorsqu'il veut calculer la distance du Soleil, mais cette fois il est limité dans ses opérations. Sa base ne saurait dépasser les dimensions du globe terrestre, et c'est

peu en comparaison de la grande distance à évaluer.

Et puis, notez que pour chercher la distance d'un astre, il faut que celui-ci soit visible en même temps pour les deux observateurs placés à l'extrémité de la base.

Pour ces considérations et quelques autres plus compliquées, on s'est décidé à prendre comme base le rayon de la Terre. Le problème augmente ainsi de difficulté, mais, par d'ingénieux artifices, les astronomes sont parvenus à les vaincre, à perfectionner ces méthodes et à déterminer la distance exacte de la Terre au Soleil.

Au reste, c'était leur seule ambition pour arriver à évaluer toutes les distances de la Terre aux planètes et par conséquent les dimensions réelles du système solaire.

Lorsque vous avez sous les yeux la carte d'une région inconnue, il vous est impossible d'évaluer la distance de deux villes si vous ignorez à quelle échelle la carte est construite; si, au contraire, on vous assure qu'*un centimètre* sur la carte représente, je suppose, *un kilomètre* sur le terrain, le problème devient un jeu. Or, il y a beau temps que les astronomes avaient dressé très correctement le plan du système solaire; restait à en donner l'échelle. Cette dernière leur a été fournie le jour où ils sont arrivés à fixer l'intervalle nous séparant du Soleil. On comprend maintenant de quelle importance était pour nous la mesure de la grande unité de longueur, le rayon du globe terrestre. Que d'expéditions n'a-t-il pas fallu pour arriver à déterminer sur le globe la valeur de *un degré* du méridien en différents endroits! Et tout cela ne devenait possible qu'à la condition de posséder des instruments très précis, des appareils demandant une grande pratique. Que de calcus à opérer, longs, fastidieux, et dont l'utilité fût devenue tout à fait contestable s'ils n'avaient été appuyés sur des instruments de mesure qu'une technique savante a mis deux siècles à perfectionner!

Mesure de la distance de la Terre au Soleil.

Qui pouvait se douter autrefois que la science a besoin pour ses découvertes de cette technique habile, et que notre connaissance exacte de l'Univers serait due surtout aux progrès réalisés dans la Mécanique pratique?

C'est ainsi que tout se tient dans les acquisitions de l'esprit, et qu'une recherche opérée dans un des domaines de la science peut avoir quelque jour, sur d'autres points, les retentissements les plus imprévus.

Voilà comment de proche en proche, après avoir mesuré le rayon de la Terre, l'astronome en a déduit une première unité de longueur, notre *mètre*, la dix-millionième partie environ du quart d'un méridien terrestre; comment il a acquis, par cette connaissance, une unité plus grande qui lui servira pour des mesures autrement considérables.

Cette dernière unité — distance de la Terre au Soleil, — employée couramment en Astronomie, non seulement nous a fourni la grandeur du système solaire dont nous faisons partie, mais elle nous a permis de concevoir, sinon d'imaginer, l'emplacement que ce système occupe au sein d'un Univers dont les dimensions surpassent tout ce que nos ancêtres auraient pu rêver. Et maintenant, lorsque l'Astronomie moderne nous déclare simplement que la lumière marchant à la vitesse de 300 000 kilomètres à la seconde emploie 8 heures 18 minutes pour traverser l'empire du Soleil limité à l'orbite de Neptune, la dernière planète connue, comprenez-vous ce que semblable résultat représente de progrès dans l'industrie, dans le perfectionnement des appareils et des méthodes; de découvertes, de calculs, de veilles,

de travaux et d'ingéniosité? Comprenez-vous aussi que l'Astronomie, pour se développer, a besoin du concours de toutes les sciences; que, sous peine de voir son travail

Le Rév. Bradley, astronome anglais (1692-1762).

stérile, l'astronome digne de ce nom doit se tenir au courant des plus récentes acquisitions dans les domaines les plus divers : Mathématiques, Mécanique, Physique, Chimie, Géographie, Géodésie, etc., et que les différentes branches explorées par l'esprit humain sont à peine suffisantes pour lui aider à résoudre une partie du problème qui nous occupe : *Où sommes-nous?* Où est la Terre? Où se trouve le Système solaire dans l'ensemble des mondes que la Toute-Puissance du Créateur a semés dans l'immensité pour réaliser notre Univers?

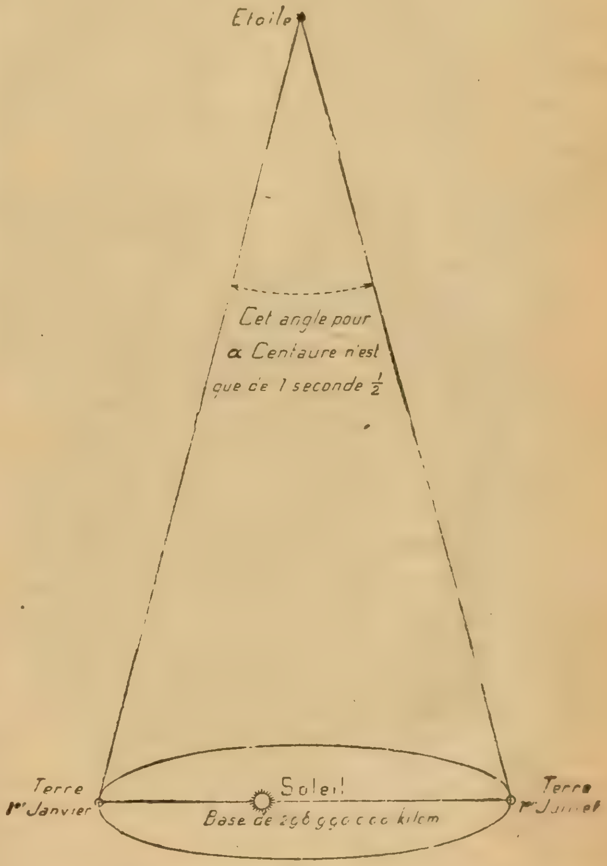
La question de l'emplacement du système solaire dans l'espace ne saurait être abordée si nous ne pouvons déterminer la distance des étoiles.

Fidèles à la méthode que nous avons si longuement exposée, les astronomes ont essayé tout d'abord de chercher à déterminer la longueur d'un triangle qui aurait pour base le rayon terrestre et pour sommet opposé l'étoile la plus voisine. Ils se sont vite aperçus que la tâche était impossible : dans le cas de la distance des étoiles, le procédé ne réussit plus.

La Géométrie et la Trigonométrie seraient-elles différentes dans l'un et l'autre cas? Pas du tout; il ne faut nous en prendre qu'à l'impuissance de nos instruments.

On se rappelle que la valeur exacte de la distance du Soleil à la Terre dépend simplement de l'appréciation, dans notre triangle — dont les côtés partent des extrémités de la base pour aboutir au Soleil, — de l'angle au sommet.

Or, vous savez qu'un angle de *un degré* est contenu 90 fois dans un angle droit, que le degré se divise en 60 parties dont chacune est une angle de *une minute*, que la minute elle-même est encore partagée en *60 secondes*. Eh bien! pour un observateur placé sur le Soleil, l'angle qui embrasserait un rayon de la Terre, vu de là-bas, n'aurait même pas la valeur de *un degré*, pas même celle de *une minute*,



Pour mesurer la distance des étoiles, les astronomes construisent un immense triangle dont la base est le diamètre de l'orbite terrestre.

mais équivaudrait à 9 secondes à peine! Ces chiffres, avouez-le, ne vous disent presque rien, parce que vous n'êtes pas habitués à mesurer des angles. Je vais donc avoir encore recours à une comparaison.

Imaginez que nous sommes à la surface du Soleil et que nous contemplons la Terre : son diamètre, vu du Soleil, sera le double de 9 secondes, chiffre donné par le rayon terrestre : notre globe sera si petit qu'il ne nous paraîtra pas plus large qu'un cheveu placé à la distance de $2^{m},30$ environ de notre œil. Il est déjà inouï que notre science actuelle nous ait fourni le moyen d'évaluer un angle aussi faible. Or, l'étoile la plus proche étant près de 280 000 fois plus loin que le Soleil, on peut en déduire que la grosseur de la Terre, aperçue d'un point aussi éloigné, serait égale à l'épaisseur d'un cheveu vu à plus de 5 millions de kilomètres.

Vous pensez bien qu'un tel objet serait invisible à l'œil nu, invisible même dans les plus gros instruments que nous possédons. Notre Soleil lui-même, pour monstrueux qu'il soit, nous apparaîtrait comme un faible point lumineux; vu de la plus proche étoile, il serait comparable à une étoile de septième grandeur.

En face de ces constatations décevantes,

Un amas d'étoiles à faible densité stellaire (Messier 11).

les astronomes ne furent pas découragés, et nous allons voir comment ils ont su tourner la difficulté.

En somme, cette difficulté ne tient qu'à une seule circonstance : l'étroitesse de la base du triangle pour la grande distance à mesurer, et nous la ferions disparaître s'il nous était permis de transporter nos instruments en dehors de la Terre.

C'est la réflexion qui vint à l'esprit de

Le même amas (Messier 13) photographié avec un instrument plus puissant.

Bradley au commencement du XVIII^{e} siècle; en creusant le problème, il découvrit que la Nature s'était elle-même chargée du soin de véhiculer nos observatoires dans l'espace et à peu de frais!

Dans quelles conditions? C'est ce que nous allons voir.

Considérons l'orbite quasi circulaire décrite par la Terre autour du Soleil en une année, et supposons notre globe à la position du 1er janvier; six mois après, le 1er juillet, la Terre aura parcouru la moitié de son tour, donc elle sera juste en face de la position qu'elle occupait six mois auparavant. La valeur de ce déplacement calculée en ligne droite est le double de sa distance au Soleil, c'est-à-dire deux fois 149 495 000 kilomètres, ou 298 990 000 kilomètres. Voilà, ce me semble, une jolie base d'opérations et commode au surplus, puisqu'elle est toute mesurée.

Cette longueur va désormais nous servir pour installer des triangles dont les sommets respectifs seront les étoiles; et il est de toute évidence que nos mesures seront d'autant plus précises que nous

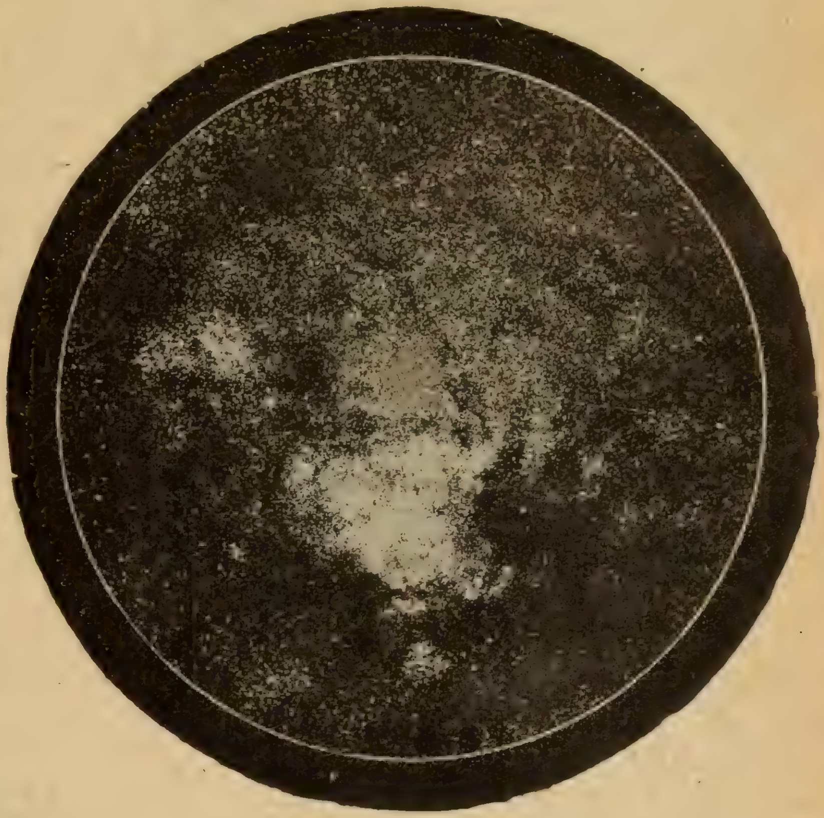
aurons déterminé cette base avec plus d'exactitude.

Vous saisissez maintenant les raisons qu'avaient les astronomes de connaître la vraie valeur de la distance du Soleil; cette évaluation a de tout temps été considérée à bon droit comme le « problème capital de toute l'Astronomie moderne ».

En possession de cette unité astronomique, nous sommes prêts à calculer l'angle au sommet des triangles qui aboutissent aux étoiles.

Est-ce à dire que le problème soit facile? Loin de là, et nos instruments sont à peine suffisants pour déterminer des angles aussi faibles. Si, des deux extrémités du diamètre de l'orbite terrestre, nous traçons deux droites se rejoignant sur Alpha du Centaure, l'étoile la plus proche, nos deux droites sont presque parallèles, tellement le triangle est allongé : elles ne forment entre elles qu'un angle inférieur à 2 secondes. De là-bas, si un être intelligent pouvait apercevoir la Terre évoluant autour du Soleil, ce déplacement serait tout à fait insigifiant. Imaginez que vous puissiez voir un microbe, placé à 100 mètres de votre œil, tourner en rond dans un cercle de un millimètre de diamètre, tel vous apparaîtrait le déplacement de la Terre, si vous étiez transporté sur l'étoile la plus voisine.

Ce déplacement pour Alpha du Centaure équivaut exactement à 1 seconde 1/2; un simple calcul de trigonométrie nous indique que cette étoile est 280 000 fois plus éloignée de nous que notre Soleil. Entre cette étoile lointaine et la Terre, il y aurait place pour 4 667 systèmes solaires limités à l'orbite de Neptune. Dans le triangle qui nous a servi, la base est 140 000 fois plus petite que la hauteur. Un boulet de canon lancé à la vitesse de 1 000 mètres à la seconde mettrait 1 303 272 ans 164 jours pour arriver jusqu'à Alpha du Centaure. Une telle supposition est tout imaginaire : animé d'une pareille lenteur, notre boulet reviendrait infailliblement vers nous. Pour quitter définitivement notre globe, un obus devrait avoir une vitesse initiale supérieure à 11 kilomètres à la seconde. Supposons qu'il la conserve durant tout le trajet, eh bien! même avec cette rapi-



Un amas d'étoiles (Messier 11) dans la voie lactée.

dité effrayante, il ne toucherait le but qu'après 108 605 années de voyage!

La lumière elle-même, qui marche à la vitesse de 300 000 kilomètres à la seconde — 75 000 lieues, — ne nous arrive de si loin qu'après un immense parcours de de 4 années et 4 mois.

Tous ces nombres sont effrayants. En face de ces insondables abîmes, nous nous demandons si nous ne sommes pas le jouet d'un rêve.

Microbe pensant, isolé sur un grain de poussière, qui danse et tournoie dans les rayons du Soleil, l'homme cependant est parvenu, grâce à la pensée, ce souffle divin qui l'anime, à supputer des distances en

apparence incalculables ; puis, arrivé à la solution de cette énigme devant les

Un amas d'étoiles dans la constellation du Centaure.

chiffres que lui donnent ses calculs, il hésite. — Est-ce possible ? Alors, que sommes-nous, au point de vue matériel, en face de ces grandeurs ?

Devant cette troublante constatation qui nous fait toucher du doigt la petitesse du monde où nous sommes descendus, il faut qu'un homme ait perdu la raison s'il ne comprend pas la divine majesté de Celui qui est et par qui tout a été créé.

Et, en fait, depuis bien des années que je fréquente le monde des sciences, je n'ai pas connu d'athées parmi les grands astronomes. La contemplation du ciel où ils vivent chaque soir par la pensée leur a enseigné le sens des paroles du Prophète : *Benedicite stellæ cœli Domino.* Étoiles du ciel, bénissez le Seigneur.

On croyait encore il y a un demi-siècle les étoiles brillantes plus rapprochées que les astres de sixième ou septième grandeur. Les mesures récentes n'ont pas complètement ratifié ces vues.

Nous connaissons d'une façon approximative la distance de quelques étoiles (les plus proches) : toutes les grandeurs y sont réunies. Ainsi, l'étoile la plus voisine du système solaire, après Alpha du Centaure, est, nous l'avons déjà dit, celle qui porte le numéro 21 185 dans le catalogue de Lalande ; c'est une toute petite étoile entre la septième et la huitième grandeur ; elle est située à plus de 64 trillions de kilomètres alors que Alpha du Centaure n'est qu'à 41 trillions ; la lumière partie d'un soleil aussi éloigné met près de sept années pour arriver jusqu'à nous.

Par contre, Sirius, l'étoile la plus brillante du ciel, est moins rapprochée que ne le ferait supposer son incomparable éclat : neuf années de lumière environ nous en séparent.

Le petit tableau de la page suivante vous indiquera les distances de quelques étoiles.

A la seule inspection de ce tableau, il est facile de voir que la grandeur n'est pas associée à l'éloignement.

Toutes ces étoiles, même la Polaire, qui gravite à 440 trillions de kilomètres et nous envoie sa lumière en plus de 46 années,

Un amas stellaire à forte densité (Messier 13).

sont des astres assez rapprochés. Ils font pour ainsi dire partie d'un amas stellaire

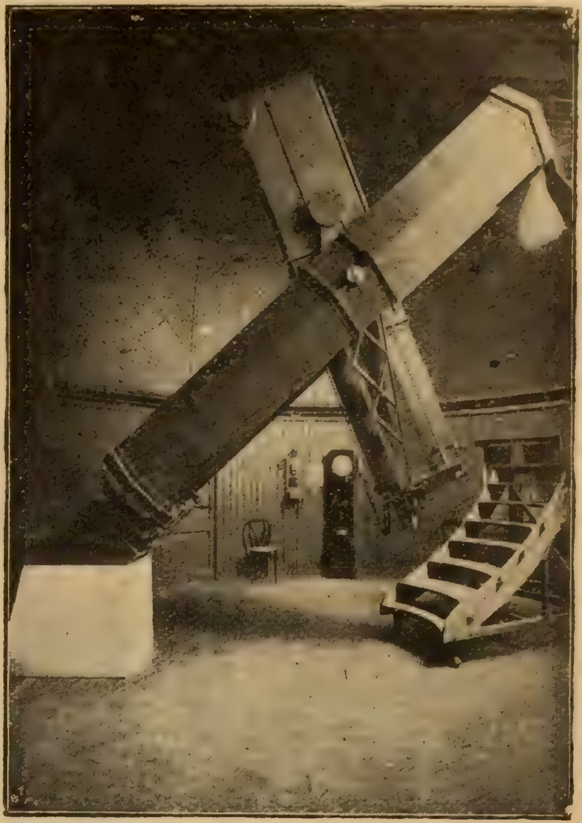
semblable à ceux que nous avons déjà étudiés dans *D'où venons nous ?*

Cet amas, sur la constitution duquel nous n'avons que des données fort imprécises, comprendrait près de 600 étoiles distribuées indifféremment autour de notre Soleil.

Peut-être offrirait-il à un spectateur très éloigné l'aspect d'une nébuleuse résoluble allongée du côté des pôles célestes. Notre Soleil, plongé au sein de cet amas, n'en occuperait pas le centre, mais il serait situé plutôt vers l'un des bords. La vitesse dont sont animées ces 600 étoiles, y compris notre système solaire, change à chaque instant la forme de l'amas. Les étoiles composantes voyagent donc pour leur propre compte. Leurs directions sont assez bien connues, nous les étudierons dans la quatrième partie de cet ouvrage : *Où allons-nous ?*

Qu'il nous suffise, en attendant, de savoir que rien jusqu'à présent ne distingue notre Soleil de ses compagnons célestes.

Petite étoile perdue dans cette masse énorme que la lumière met probablement beaucoup plus d'un siècle à traverser, l'astre qui nous éclaire nous représente seul au milieu de cette famille composant ce que nous pouvons appeler *notre amas stellaire*. Mais cet amas lui-même, quelle place occupe-t-il dans le monde des étoiles ? C'est ce qui nous reste à découvrir.



Equatorial du Vatican pour la carte du ciel.

Aussi ardu que paraisse ce difficile problème, les astronomes n'ont pas craint, en effet, de l'aborder indirectement. Nous allons les suivre et assister avec eux à l'as-

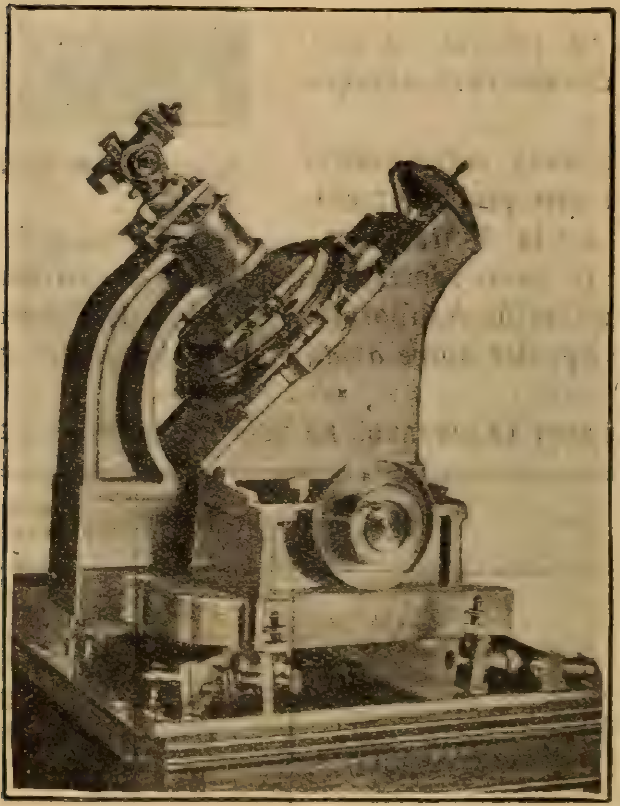
TABLEAU INDIQUANT LA DISTANCE DE QUELQUES ÉTOILES LES PLUS PROCHES

NOM DE L'ÉTOILE	Grandeur ou éclat.	Distance de l'étoile en milliards de kilomètres.	Durée du trajet de la lumière en années
α Centaure	1	41 100	4,35
21 185 Lalande	7	64 200	6,79
61 Cygne	4	83 300	8,81
Sirius (α Grand Chien)	1	83 300	8,81
Procyon	1	102 800	10,86
Altaïr	1	134 100	14,17
17 419 Argelander	9	154 200	16,29
11 677 Argelander	9	181 400	19,17
Aldébaran	1	205 600	21,73
18 115 Lalande	7	205 600	21,73
Capella	1	257 000	27,16
Véga (α Lyre)	1	257 000	27,16
α Poisson Austral	1	308 400	32,59
1 830 Groombridge	6	308 400	32,59
Etoile polaire	2	440 500	46,55

saut des cimes les plus escarpées que la raison humaine ait tenté de gravir.

Le monde que nos ancêtres ont découvert n'est plus assez grand. A mesure que l'homme recule l'horizon de l'univers et qu'il en sonde les profondeurs, il a l'impression d'étouffer dans une cage trop étroite.

Son extrême petitesse l'écrase, mais sa pensée, malgré lui, brise les parois de sa prison. Par delà les dernières étoiles dont ses instruments ont supputé les distances, il aperçoit d'autres astres, puis d'autres encore. Contemplant alors ceux qu'il va quitter, il se demande où il est : « Me voici parvenu loin de ma patrie terrestre. Ce soleil qui brille là-bas aux confins de la Voie lactée, *c'est le mien,* et le rayon qu'il m'envoie me raconte l'histoire du passé. Parti depuis plusieurs siècles, il m'engage à le suivre au milieu de nouvelles merveilles. Quelles contrées vais-je aborder? Quels espaces ai-je parcourus et quelle route immense s'ouvre encore devant moi? La création ne me paraît plus assez grande pour l'Architecte qui l'a conçue! »



Appareil servant à mesurer les clichés d'étoiles.

CHAPITRE VI

LES RÉVÉLATIONS DE LA LUMIÈRE

Lorsqu'on examine pour la première fois une étoile rapprochée par un puissant instrument, on est tout surpris de la vision télescopique s'offrant aux regards.

Alors que l'image d'une planète accuse un disque plus ou moins aplati, augmentant de diamètre avec les différents grossissements, l'étoile nous apparaît comme un simple point lumineux : seul l'éclat varie avec la grandeur de l'astre considéré.

Même Sirius, la plus belle étoile du ciel rapprochée par nos télescopes, resterait encore à 42 milliards de kilomètres, en supposant que nous puissions faire usage de grossissement de 2 000 fois.

Sirius est certainement plus gros que notre Soleil de 3 à 4 fois, d'après les mesures photométriques. Eh bien, dans nos meilleures lunettes, Sirius ressemble à la flamme d'une bougie ordinaire vue à plusieurs kilomètres. Comment, dans ces conditions désavantageuses, aborder le problème de la constitution des astres? Et, de fait, avant le XIXe siècle, on n'entrevoyait même pas la possibilité de créer jamais ce que nous pourrions appeler la *Chimie des étoiles*.

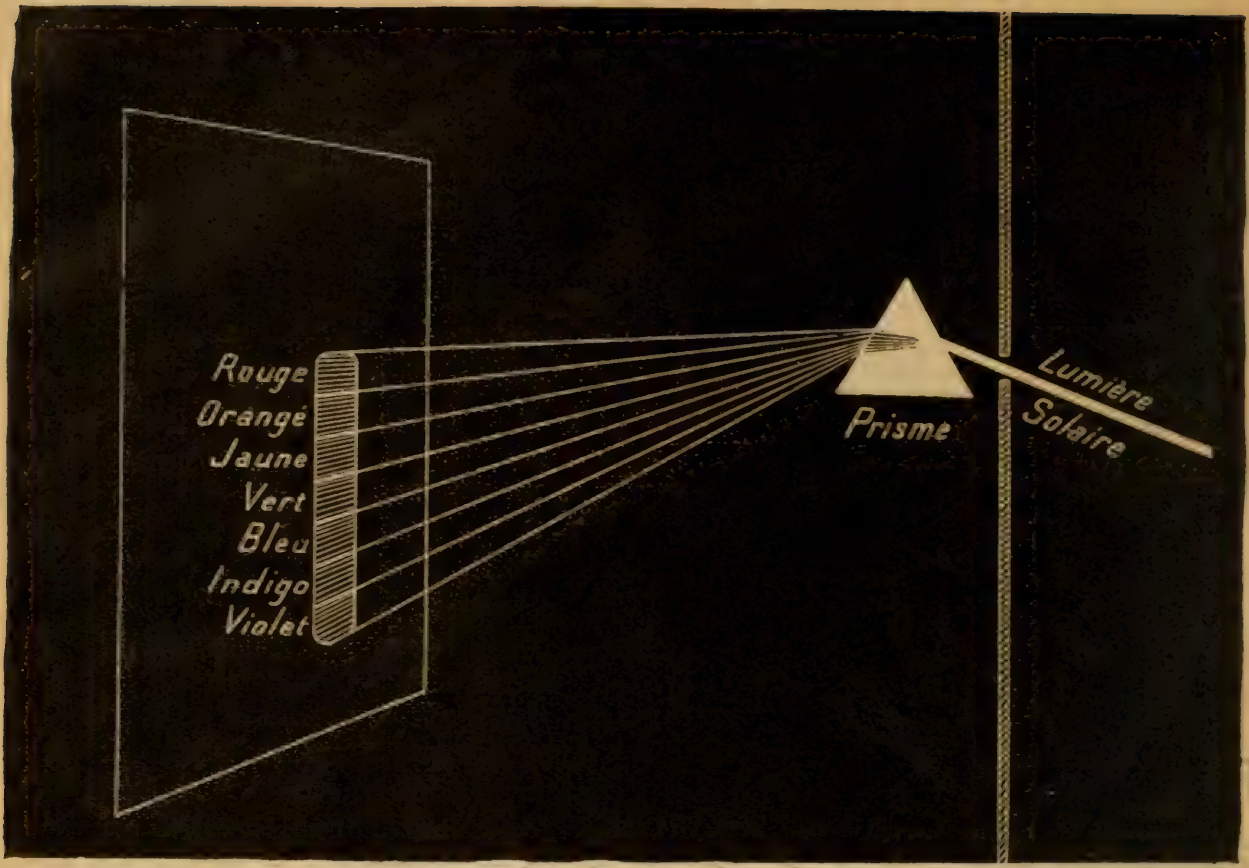
La découverte d'un procédé d'analyse des substances au moyen de la lumière qu'elles émettent vaut la peine que nous donnions sur la méthode quelques renseignements précis.

Tous vous connaissez les prismes de verre qui pendent aux lustres des salons. Procurons-nous un de ces prismes triangulaires; c'est un objet peu coûteux et qui va nous permettre au surplus de réaliser les plus belles expériences.

Dans une chambre bien close, où la lumière du soleil ne pénètre que par une seule ouverture pratiquée dans un volet, recevons un rayon lumineux sur notre prisme; nous constaterons tout d'abord qu'après le passage, ce rayon est dévié de sa route droite. De plus, en se *réfractant* ainsi, comme disent les physiciens, le mince faisceau de lumière s'étale en éventail; il se *disperse* et, chose plus curieuse, le rayon, à sa sortie du prisme, n'est plus blanc, mais coloré.

La lumière a été décomposée en toutes les teintes de l'arc-en-ciel. Ces couleurs, nous pouvons les recevoir sur un carton blanc; elles occuperont toujours le même ordre : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet. Supprimez le carton et mettez votre œil près du prisme, vous verrez très nettement l'ouverture du volet présenter cet ensemble de couleurs.

En possession de notre prisme, nous pouvons examiner d'autres sources lumi-



Un rayon solaire traversant un prisme se décompose en un faisceau lumineux présentant les couleurs de l'arc-en-ciel.

neuses; toutes donneront un étalement de couleurs, un *spectre* — c'est le terme employé en Physique. Construisons donc un appareil pour étudier les spectres, un *spectroscope*.

A l'extrémité d'une règle d'écolier, nous allons coller notre prisme au moyen de cire à cacheter de façon que ses arêtes soient fixées perpendiculairement à la longueur de la règle (1). Dirigeons maintenant l'autre extrémité vers la flamme d'une bougie; un spectre apparaît encore, chaque point lumineux donne une série de couleurs empiétant les unes sur les autres et le spectre manque de netteté. Pour remédier à cet inconvénient, complétons notre appareil en piquant à l'extrémité libre de la règle une belle aiguille toute neuve : le spectroscope est terminé.

Toutes les fois que nous voudrons examiner une source lumineuse à l'aide de cet instrument, il nous suffira d'en recevoir les rayons sur l'aiguille et c'est son reflet qui fournira l'image à étudier.

Plaçons la bougie non loin de l'aiguille et un peu en avant sur le côté de la règle; cette fois, nous aurons un spectre très pur où nous distinguerons facilement les couleurs.

Une allumette qui brûle, un morceau de papier, un bec de gaz, fourniront des images analogues où nous apercevrons toutes les couleurs étagées du rouge au violet.

Continuons nos expériences.

Plaçons un tisonnier dans le feu; son extrémité devient rouge. Au spectroscope, une seule couleur du spectre est visible : la partie rouge. Une lampe électrique illuminée par un faible courant produirait le même résultat.

Chauffons maintenant notre barre de fer dans un ardent foyer, peu à peu elle prendra une teinte plus blanche, comme le filament de la lampe électrique sous l'action d'un fort courant.

(1) Le lecteur trouvera le détail de ces expériences dans l'ouvrage de Sir NORMAN LOCKYER : *l'Evolution inorganique*.

A mesure que la température augmente, nous pouvons constater l'apparition successive de toutes les autres couleurs; le violet ne vient qu'en dernier lieu.

Nous pourrions répéter cette expérience sur une flamme de bec de gaz, sur une lampe à incandescence, et finalement sur une lampe à arc, nous arriverions vite, sans nous servir de thermomètre, à cette conclusion que le bec de gaz ordinaire émettant un spectre rouge est moins chaud que la lampe à incandescence dont la température elle-même est inférieure à celle de l'arc; celle-ci nous donne en effet un spectre tirant sur le violet et s'étendant même au delà.

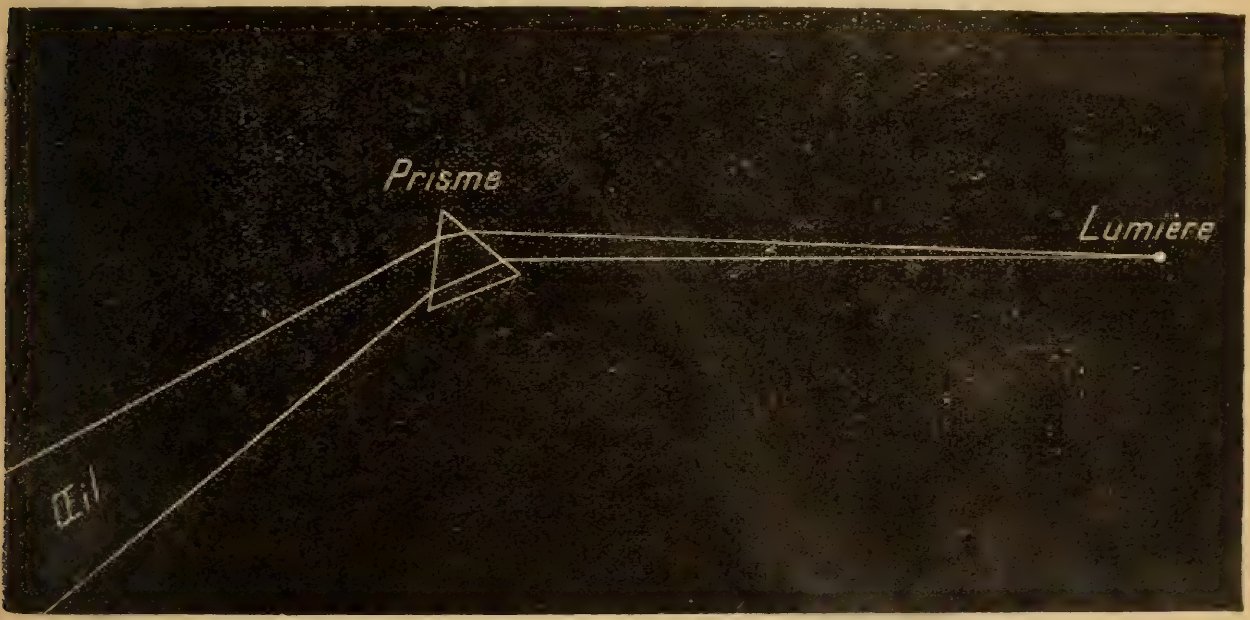
Vous comprenez déjà à quelles applications ce principe devait conduire les physiciens.

Deux lumières brillent là-bas vers la ville voisine; il s'agit de décider laquelle est la plus chaude. Vite notre spectroscope.

Si le spectre n'est pas facilement visible, nous ne serons pas embarrassés pour si peu; nous l'adapterons à une lunette, et au lieu de recevoir les couleurs directement sur notre rétine, trop faible peut-être pour percevoir une sensation, nous installerons à sa place une chambre photographique. Que les couleurs aient été bien repérées sur la plaque pendant le jour, à l'aide de la lumière solaire, et il nous sera facile, après le développement, de voir si la partie impressionnée correspond à telle ou telle région du spectre.

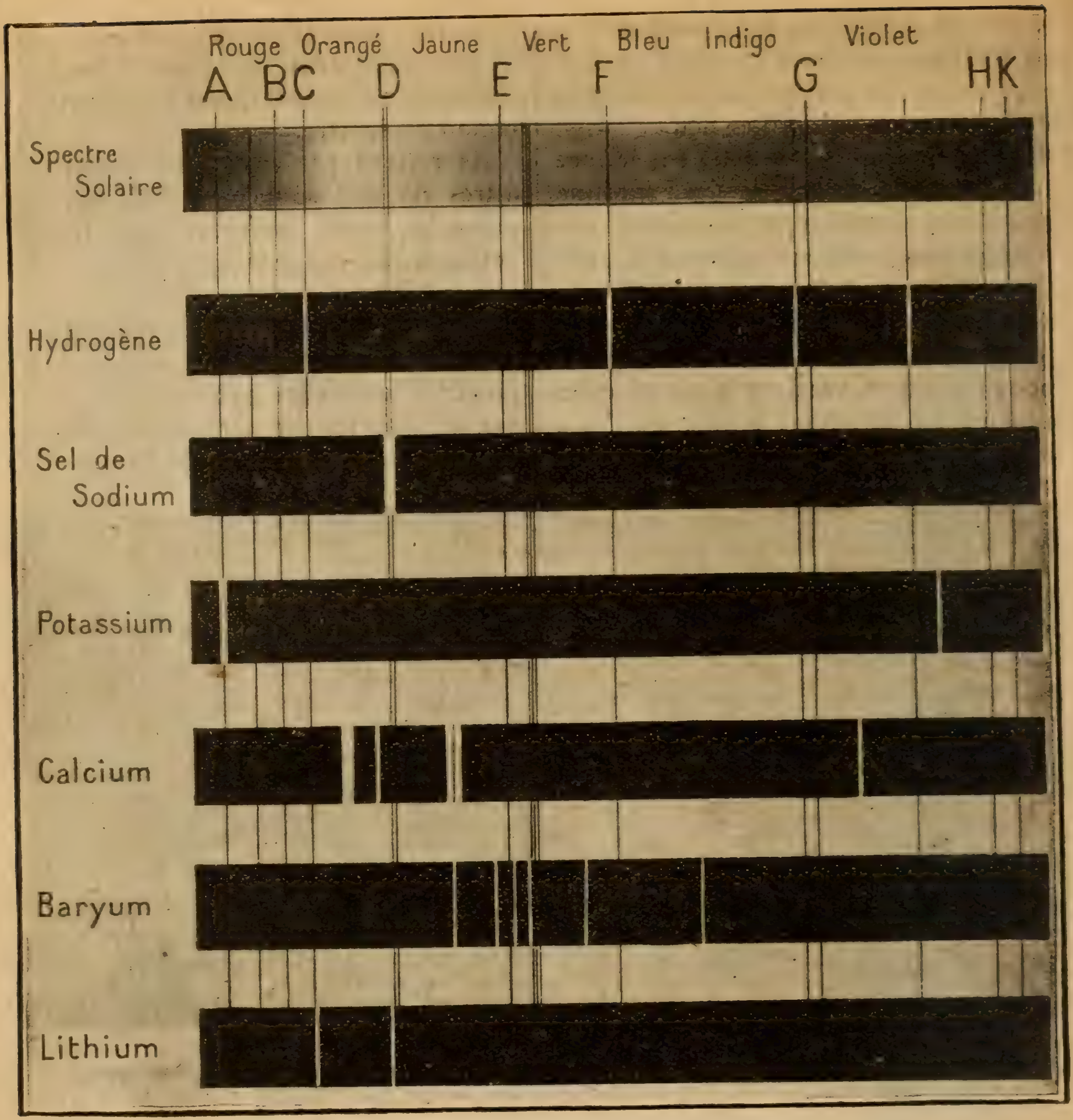
Ne restons pas en si bon chemin; les astres du ciel sont bien éloignés, mais puisqu'ils nous envoient leur lumière, pourquoi ne pas leur appliquer la même méthode?

C'est précisément ce que font tous les jours les astronomes. Grâce à cet ingénieux procédé, les étoiles peuvent être classées par ordre de température. Le premier cheval du Chariot, l'Épi de la Vierge, Rigel ou Bêta d'Orion, Gamma de la même constellation sont parmi les étoiles chaudes.



Position de l'œil pour apercevoir à travers un prisme la décomposition des couleurs.

Mais si les étoiles, qui sont des soleils, proviennent, ainsi que nous l'avons montré dans *D'où venons-nous?* de la contraction des nébuleuses, on comprend que cette contraction produise à la longue des chaleurs de plus en plus intenses; puis l'étoile se refroidira, et dans sa phase de déclin elle repassera par les mêmes stades de température. De plus, chaque étoile peut être entourée d'une couche gazeuse plus ou moins absorbante, comme c'est le cas pour notre Soleil. La température indiquée par le spectroscope n'est donc pas suffisante pour nous dire à quelle phase de sa vie astrale une étoile est parvenue.



Raies spectrales de quelques substances comparées aux raies dans le spectre solaire.

Les astronomes ont alors recours à d'autres considérations que nous allons étudier sommairement.

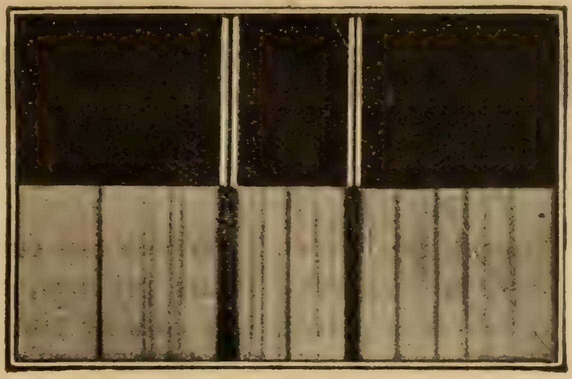
Les expériences précédentes ne nous ont, en somme, fourni qu'une sorte de thermomètre. L'examen de différents spectres va nous guider dans des voies autrement fécondes. Jusqu'ici nous n'avions observé que des spectres continus plus ou moins larges, sans doute, mais s'offrant à nous sous l'aspect d'un ruban ininterrompu : ce sont les spectres des objets solides ou liquides incandescents.

Même dans notre bec de gaz, le spectre était produit par de petites particules solides lumineuses.

Procurons-nous une lampe à alcool ordinaire ; la flamme n'est plus éclairante; elle ne donne aucun spectre visible dans notre instrument, mais comme elle est très chaude, elle va nous servir à volatiliser des substances, en d'autres termes à rendre gazeux des corps solides ou liquides.

Projetons donc au milieu de la flamme quelques fragments de sel de cuisine que les chimistes désignent sous le nom de chlorure de sodium. Immédiatement un spectre apparaît, non plus sous forme de

bande, mais sous l'apparence d'une ligne extrêmement étroite. L'aiguille de notre instrument ne donne plus une image étalée. Toutes les couleurs ont disparu, excepté un mince filet lumineux situé dans le jaune. C'est ce qu'on appelle la *raie* du sodium. Avec un spectroscope plus perfectionné, cette raie se dédoublerait en deux autres très rapprochées.



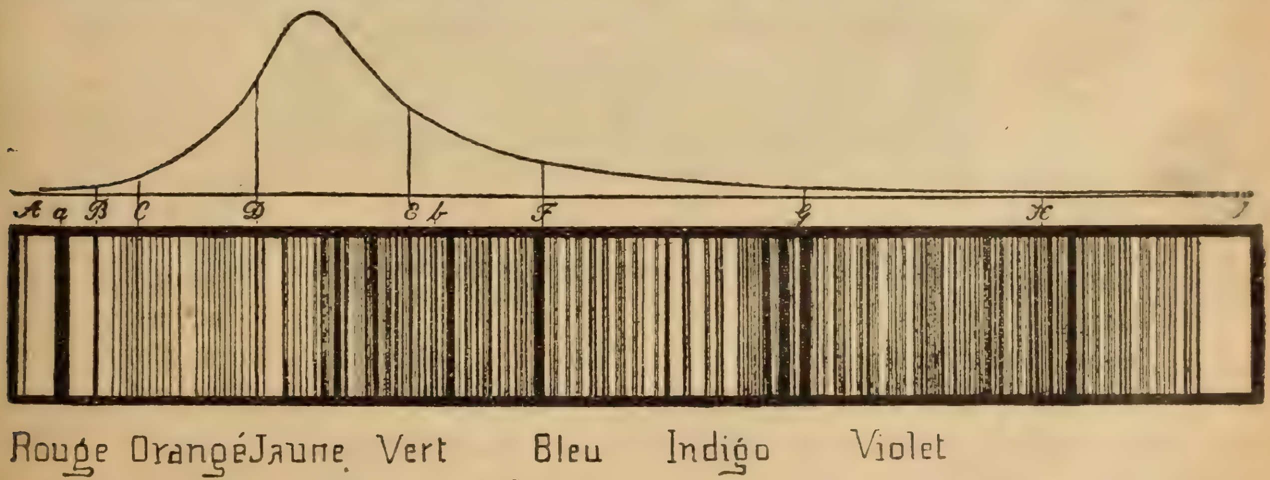
Dans les spectroscopes puissants, la raie D du sodium est dédoublée en D_1 et D_2 (Spectre du bas de la figure).
Dans le haut, ces raies observées au milieu de l'arc électrique sont encore doubles à leur tour.

Maintenant, si, au lieu de projeter un sel de sodium, nous avions introduit dans notre flamme un sel d'une autre substance, nous observerions d'autres raies situées dans des régions différentes. Ainsi, le potassium, base de la potasse que vous connaissez bien, nous eût fourni deux raies principales, l'une dans le rouge, l'autre dans le violet. Le baryum, qui, sous la forme de sel de baryte, entre dans la composition des poudres pour feux d'artifices, nous eût donné une demi-douzaine de raies distribuées dans le jaune et le vert. Les sels de lithine, trop connus des arthritiques, fourniraient une faible raie jaune accompagnée d'une jolie raie rouge, etc. L'hydrogène lui-même donne quatre raies principales caractéristiques correspondant à des intervalles sombres dans le spectre solaire.

Vous pensez bien que physiciens et chimistes n'ont pas attendu longtemps pour fixer la position de ces raies qui ne varient pas pour un même corps et qui, par conséquent, suffisent à caractériser une substance. Le jour où cette découverte fut au point, les savants se trouvaient ainsi en possession d'une méthode d'analyse tout à fait nouvelle et qui devait leur rendre les plus précieux services.

Outre que le moyen est expéditif et peu coûteux, aucun autre procédé ne peut rivaliser avec cette *analyse spectrale*, au point de vue de la sensibilité. En voici des exemples tout à fait typiques : dans une salle de soixante mètres cubes, pulvérisons une masse d'eau contenant deux milligrammes de sel de cuisine et allumons un bec de gaz, aussitôt la flamme examinée au spectroscope montrera la présence de la raie du sodium.

Dans un coin de la même salle, on a fait détoner une pastille contenant 3 milligrammes de chlorate de sodium pendant qu'à l'aide du spectroscope on observait la flamme d'une lampe placée à l'autre



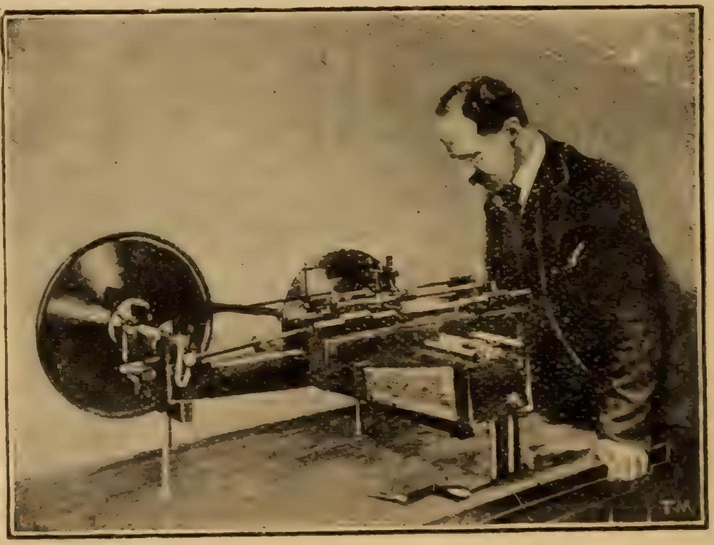
Reproduction du dessin original de Fraunhofer montrant les principales raies qu'il avait découvertes dans le spectre.
En haut, la courbe de l'intensité lumineuse.

Les raies du spectre solaire dans le violet : région des lettres G, H et K.

extrémité de la pièce. Au bout de quelques minutes, la raie du sodium se montra très nette. Le calcul indique que l'air entretenant la combustion de la lampe n'apportait cependant au sein de la flamme que *un trois milliardième* de gramme de chlorate, pendant chaque seconde; et c'était suffisant pour faire apparaître la raie jaune caractéristique. Cette sensibilité est telle qu'elle ennuie parfois les observateurs incapables de faire disparaître cette fameuse raie jaune.

On retrouve du sodium partout ; près des côtes où il est entraîné par les vents; toutes les fois qu'on remue des objets, qu'on bat des étoffes, qu'on ferme un livre et qu'on soulève des poussières.

Avant d'écrire ces lignes, ce soir, j'ai refait quelques expériences en commençant par des sels de sodium projetés dans la flamme d'un bec Bunsen, et en continuant par bon nombre d'autres substances; j'ai eu beau nettoyer les appareils, me laver les mains, toute la nuit la raie du sodium s'est montrée dans l'instrument; elle ne disparaîtra que dans quelques jours.



Le professeur Rowland gravant lui-même ses réseaux qui remplacent le prisme dans les spectrosocpes.

Avec des spectroscopes composés de plusieurs prismes, ces raies que j'ai présentées comme simples apparaissent triples, quadruples, etc. Elles sont d'une telle finesse qu'il est facile de les repérer.

Nous avons vu dans *D'où venons-nous?* que le spectre visible du rouge au violet s'étend depuis 450 jusqu'à 750 trillions de vibrations par seconde, mais le spectre que nous connaissons empiète sur le rouge et sur le violet. C'est dans l'extrême infrarouge que les vibrations sont les plus larges : il en faudrait toutefois 1 250 mises bout à bout pour couvrir un espace de un millimètre, tandis que dans le violet elles ont moins d'amplitude : il en faudrait 2 500 pour couvrir la même longueur. A la limite de l'ultraviolet, il y en a 10000 par millimètre!

Ces chiffres n'ont rien de fantaisiste; les spectroscopistes mesurent chaque jour ces petites longueurs d'ondes pour fixer exactement l'emplacement des raies dans le spectre. Ainsi, la lumière jaune présente une raie dont la longueur d'onde est de 5 895 dix millioniêmes de millimètre.

De même que la *distance du Soleil à la*

Terre est l'unité de la longueur employée par les astronomes, le *mètre* celle dont se servent les arpenteurs, le *dix millionième de millimètre* est l'unité admise en spectroscopie.

On ne peut demander plus de précision à une méthode qui s'appuie sur l'emplacement des différentes raies pour fixer la nature d'une substance.

Mais les révélations du spectroscope sont allées plus loin.

Jusqu'à ce moment, nous avons étudié les spectres continus fournis par des solides ou liquides incandescents et les spectres discontinus à raies brillantes que donnent des gaz lumineux. L'interposition d'une masse gazeuse obscure entre une vive lumière et notre spectroscope va nous fournir un autre genre de phénomènes, connu sous le nom de *renversement* des raies.

L'auteur examinant les protubérances solaires au spectroscope.

Les protubérances solaires nous disent nettement que nous avons affaire à des masses d'hydrogène illuminées. Certaines raies apparaissent dans l'instrument aux mêmes endroits, le reste du spectre est sombre et sans couleur. Qu'arriverait-il si nous examinions ces masses hydrogénées passant devant un corps fortement éclairé, un bain de fonte en fusion, je suppose?

Toutes les raies brillantes seraient remplacées par des raies noires occupant la même position, et leurs intervalles seraient colorés. Or, c'est précisément ce que nous voyons à la surface du soleil.

Celui-ci étant entouré d'une atmosphère assez épaisse, les gaz se laissent traverser par la lumière de l'astre, mais ils en interceptent une partie au passage, si bien que tous produisent des raies noires répondant à leurs natures différentes.

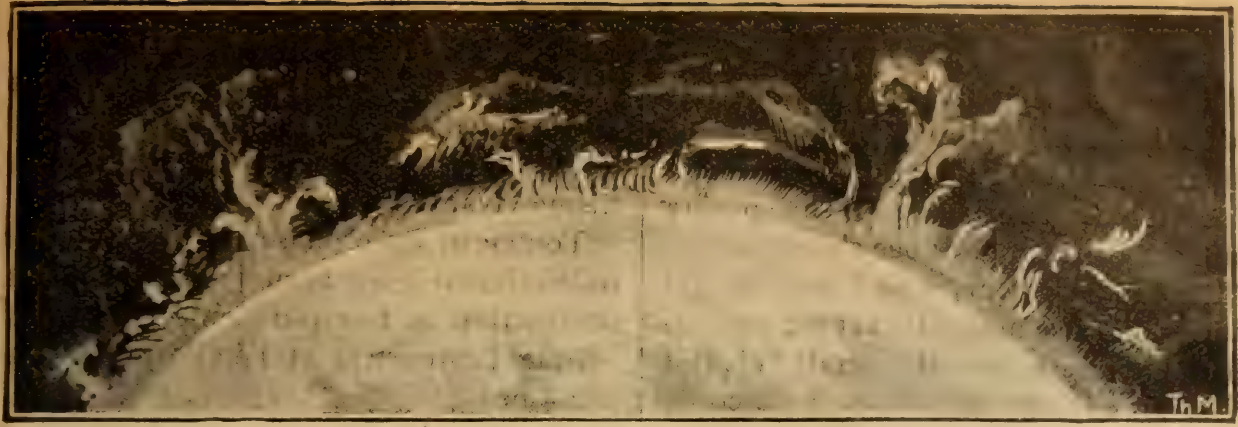
Ces raies obscures dans le spectre solaire furent découvertes par Wollaston en 1802, mais ce ne fut qu'en 1814 seulement qu'un opticien bavarois, Fraunhofer, en découvrit l'interprétation.

Son travail ne se borna pas à cette découverte : ce fut ce même physicien qui classa les raies et les distribua dans le spectre suivant leur position. Nous avons de lui un dessin qui contient jusqu'à 576 raies spectrales!

A mesure que l'optique se perfectionnait, on s'aperçut que Fraunhofer n'avait pas tout noté. Angstrom gradua le spectre et détermina la situation de près de 1 000 raies! Thollon porta ce nombre à plus de 3 000 dans la partie inférieure, c'est-à-dire vers l'extrémité rouge. Plus tard le chanoine

Spée continua son travail, mais tous furent distancés par Rowland, l'inventeur du spectroscope à réseau, qui parvint à noter la position exacte de 20 000 raies! On aura une idée approximative d'un tel travail lorsque nous aurons ajouté que ces 20 000 raies exigent pour leur identification un dessin qui n'a pas moins de 13 mètres de longueur!

Evidemment, notre spectroscope simplifié ne peut nous faire même entrevoir la complexité de cette science nouvelle dont les applications fécondes ont déjà transformé notre connaissance de l'univers. Néanmoins, il nous a servi à comprendre le principe sur lequel repose la spectroscopie. Grâce à lui, nous entrevoyons dès maintenant la possibilité de pénétrer plus avant dans la connaissance des mondes éloignés et nous sommes à même d'apprécier ces belles théories qui ont permis à l'astronome d'analyser les substances multiples brûlant dans les étoiles et celles moins nombreuses qui s'agglomèrent lentement au sein des pâles nébulosités où se forment les mondes.



CHAPITRE VII

L'AGE DES ÉTOILES

La tendance actuelle de tous les systèmes cosmogoniques est de considérer les nébuleuses déjà étudiées dans *D'où venons-nous?* comme le premier stade de la condensation de la matière. De ces agglomérations, informes au début, naîtront des soleils souvent accompagnés de corps plus petits.

Mais lorsque l'étoile sera formée, lorsque, sphère gazeuse incandescente, elle aura rayonné une partie de sa chaleur dans l'espace environnant, qu'adviendra-t-il de sa constitution?

Chaque étoile a eu un commencement; elle atteindra son entier développement dans le cours du temps; elle aura une fin. Cette étoile a donc un âge : *seul Celui qui est éternellement* n'a pas d'âge, car il échappe au cycle des phénomènes justiciables du temps.

Pouvons-nous alors déterminer l'âge des étoiles? Il ne s'agit pas ici de l'âge absolu, ce calcul échapperait à nos moyens d'action; la question, pour être plus simple en apparence, nous offrira encore bien des difficultés. On peut la poser ainsi : Quelles sont les phases d'évolution des étoiles? A quelles apparences certaines reconnaîtrons-nous que tel soleil en est à sa première jeunesse alors que tel autre, déjà mûr, se hâte vers la mort?

Supposons qu'une personne parcourant une demeure abandonnée rencontre une horloge en mouvement. Si le visiteur n'a jamais vu semblable appareil, s'il n'est pas familiarisé avec les principes de la mécanique, il peut s'imaginer que cette machine contient en elle-même de quoi la faire marcher indéfiniment, jusqu'à usure complète des rouages.

Mais si la personne en question a déjà vu « des mécaniques », elle saura très bien que le mouvement continu d'un balancier ne se fait pas sans une dépense de force.

L'horloge puise donc l'énergie quelque part, et même si les flèches étaient absentes, il serait facile, en examinant les autres pièces, de se convaincre que leur mouvement et l'entretien de ce mouvement sont dus à un poids qui tombe constamment.

Supposons maintenant que notre visiteur n'ait pas le temps de constater cette chute du poids moteur; il n'en sera pas moins convaincu de son existence, et il conclura à coup sûr qu'à un moment donné, si une force étrangère à la pendule ne vient pas remonter le poids, l'horloge cessera de marcher.

Depuis combien de temps marche-t-elle? Ici notre problème se complique. Mais si notre observateur a des loisirs, il parviendra à la solution en étudiant la marche du mécanisme.

D'abord il découvrira que le poids ne

saurait dépasser en hauteur une certaine limite. La corde qui le soutient a une longueur mesurable : quand le poids aura déroulé *toute* cette corde, il ne pourra tomber plus bas et l'horloge s'arrêtera.

Mais, inversement, une personne qui surviendrait à ce moment-là et qui remonterait la masse mobile serait bientôt arrêtée après avoir enroulé *toute* la corde autour du treuil communiquant le mouvement aux rouages.

Donc, on peut affirmer qu'une horloge en mouvement, quel que soit le moment choisi, marche depuis un temps déterminé : le commencement de cette marche peut aussi être fixé en considérant de combien le poids est descendu dans l'intervalle d'une minute, par exemple.

Enfin, si une personne était placée devant des horloges identiques, elle pourrait, par le seul examen de la position des poids, dire à coup sûr celle qui marche depuis plus longtemps et celles qui s'arrêteront les premières.

Eh bien ! nous pouvons considérer l'univers stellaire comme un ensemble d'horloges en mouvement.

Tous les jours les étoiles perdent de leur chaleur; il est vrai qu'elles en gagnent aussi par la condensation, par la contraction sur elles-mêmes.

Tant que la chaleur gagnée par cette contraction sera plus forte que la chaleur rayonnée dans l'espace, la chaleur totale de l'étoile augmentera.

A un moment donné cependant, une sorte de balance s'établira : actif et passif s'équilibreront tout comme dans un organisme vivant.

Toutefois, cette phase ne saurait durer indéfiniment : un beau jour, lorsque la contraction se fera plus lente, la chaleur perdue l'emportera et l'étoile s'affaiblira peu à peu.

Vous voyez bien que notre étoile est en tout point comparable à l'horloge en mouvement.

Notre première question : depuis combien de temps est-elle en marche? semble maintenant bien simplifiée.

Nous pouvons par la pensée remonter en arrière. Primitivement, l'étoile était nébuleuse, perdue dans une immense atmosphère.

Avant cette phase, la condensation était encore moins avancée; pour revenir à notre comparaison de l'horloge, le poids était moins bas hier qu'aujourd'hui, plus près de sa plus grande hauteur autrefois qu'actuellement.

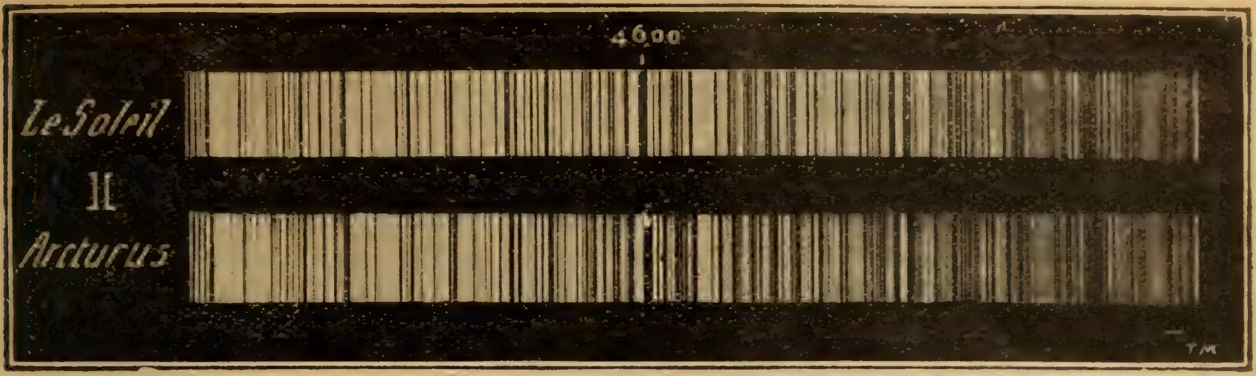
Donc, à un moment donné, notre nébuleuse *a commencé*, de même que dans l'horloge le poids *a commencé* de tomber.

Non seulement, comme on l'a dit souvent, la montre prouve l'horloger, mais, toute idée de création et de fabrication mise à part, une pendule qui marche prouve que quelqu'un est passé par là à un certain moment et lui a donné l'im-

Dans les étoiles très chaudes et du premier type, les raies spectrales de l'hydrogène apparaissent larges et accentuées.

pulsion première, en d'autres termes, quelqu'un a remonté l'horloge.

L'Astronomie est en mesure aujourd'hui de nous dire quelles sont dans le ciel les horloges qui fonctionnent depuis plus

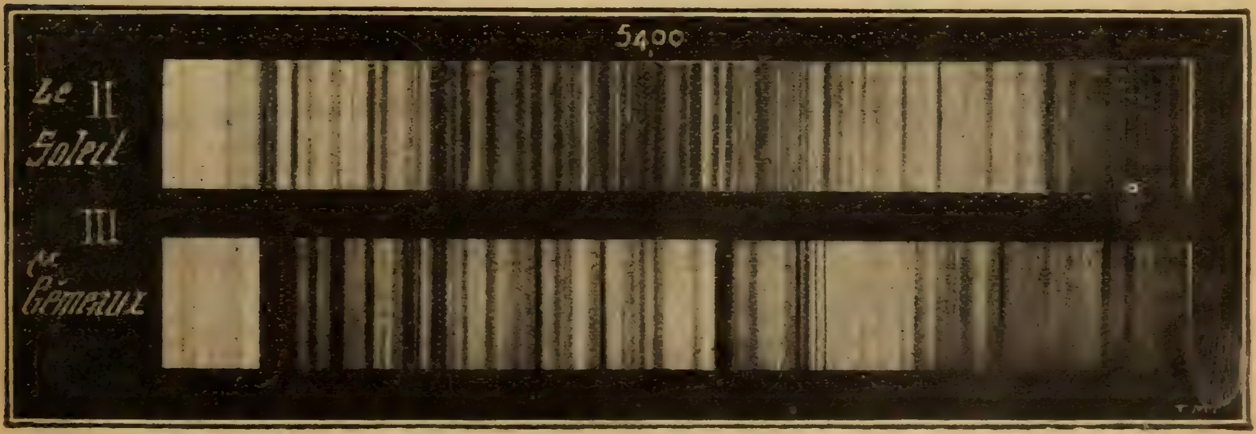


Le second type stellaire comprend des étoiles du genre de notre Soleil, les raies spectrales sont fines et très multipliées.

longtemps, la course exacte que leur poids a parcourue et le moment où elles devront s'arrêter.

Or, remarquez bien que tous les problèmes seraient insolubles si nos horloges fonctionnaient depuis un temps *infini* : dans ces conditions, elles en seraient toutes au même point. Et c'est précisément le contraire que nous constatons.

Les étoiles — ces horloges célestes —



Comparaison entre le spectre du Soleil et celui d'une étoile du troisième type. Ces dernières présentent des raies métalliques nombreuses.

sont toutes plus ou moins avancées : là sont des soleils encroûtés et éteints; plus loin, des soleils que les glaces de l'âge commencent à envahir ; ici, des étoiles étincelantes en plein développement ; ailleurs, de faibles astres encore entourés, de brumes épaisses comme une chrysalide en son enveloppe ; là-bas des nébuleuses phosphorescentes s'illuminant sous l'impulsion des premiers souffles de la vie et du mouvement; en maint endroit, enfin, c'est la poussière cosmique répandue à profusion, chaos indescriptible où s'enfantent les mondes.

Je n'ignore pas que, pour se passer de Celui qui a créé cette matière et lui a donné le mouvement, on a imaginé un cycle de transformations qui recommenceraient dans le même ordre indéfiniment. Il faut laisser à de « pauvres vulgarisateurs » la responsabilité de ces hypothèses futiles. Ni la Physique ni la Mécanique ne sauraient s'en accommoder.

Admettre qu'après être descendu un certain temps et avoir entretenu ainsi la marche d'une horloge, un poids puisse de

lui-même se remonter vous paraît absurde; une telle proposition ne se discute même pas; et l'on voudrait qu'après avoir dissipé toute leur énergie, les étoiles puissent, comme l'ancien Phénix, renaître de leurs cendres, se rallumer et donner naissance à des nébuleuses qui se transformeraient en étoiles, et ainsi de suite! Voilà, j'imagine, de la haute fantaisie, et la science ne se paye pas de pareille monnaie.

Si ces théories inventées pour les besoins de la cause vous agréent et vous suffisent, soit; mais ne venez pas me dire que la Science sait se passer d'une Cause première et que, sans elle, vous pouvez tout expliquer.

Le R. P. Secchi,
célèbre astronome italien,
créateur de la Physique solaire.
(1818-1878).

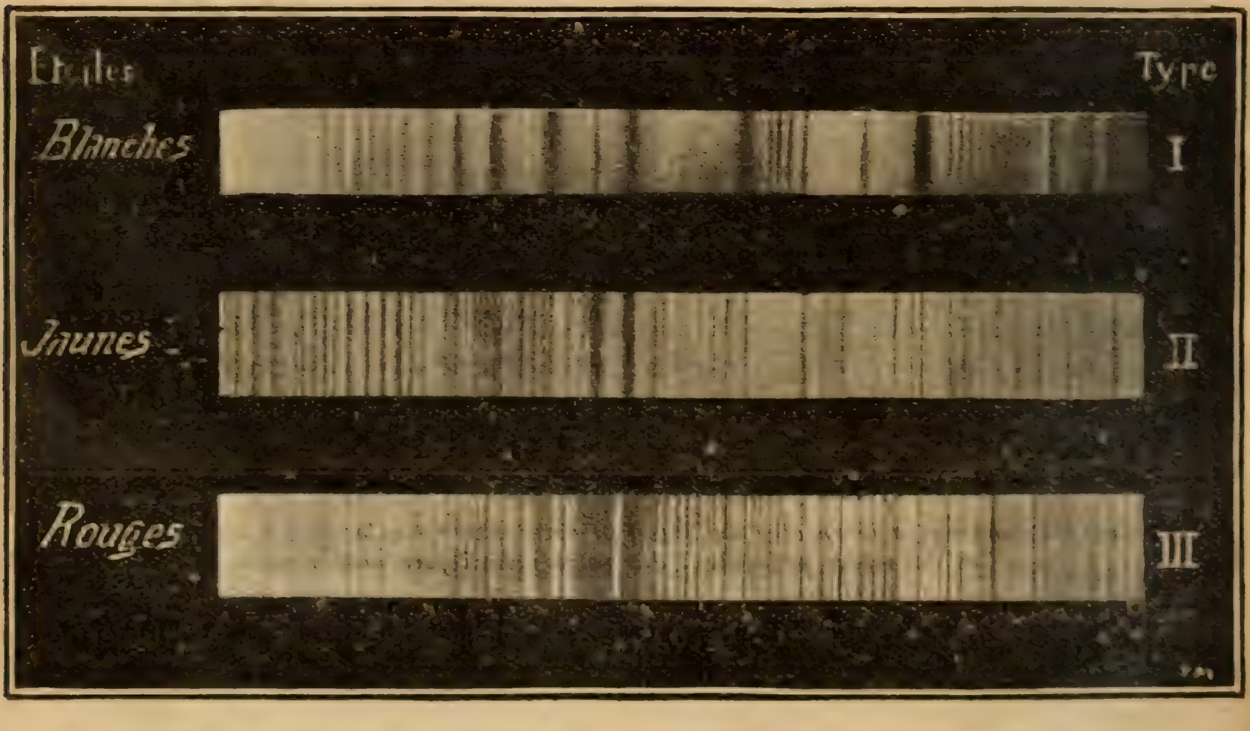
On nous reproche souvent d'adhérer à des mystères, et on veut répudier ceux-ci au nom de la Raison. Mais il ne faut pas confondre *mystère* avec *absurdité*, et ce que l'on voudrait nous faire admettre en est une. Tout récemment, d'ailleurs, la mode a changé — elle change si souvent! — et on s'est mis à l'abri de retranchements nouveaux.

« Jamais, dit certaine école, nous ne parviendrons à découvrir les causes premières, elles sont trop loin de nous, et nous ne saurions avoir la prétention de les aborder. » C'est la doctrine de l'*Inconnaissable*, et c'est un pur sophisme.

Si d'avance vous imposez des limites à la science, le jour où je viendrai vous dire que nous avons précisément franchi ces frontières, vous pourrez m'accueillir par une fin de non-recevoir; car, selon vous, je n'aurai jamais le droit d'aller si loin.

La Science fournit à chaque instant la justification de principes opposés à la théorie de l'*Inconnaissable*.

Pendant que les Santos-Dumont, les Wright, les Farman, les Delagrange et tant d'autres construisaient et essayaient leurs aéroplanes, savez-vous comment certains



Classification des étoiles en trois types d'après leur aspect vu au spectroscope.
Etoiles blanches comme Sirius. — Etoiles jaunes comme notre Soleil. — Etoiles rouges comme Antarès.

héoriciens utilisaient leurs loisirs? Ils :omposaient pour l'Académie des Sciences des notes où, en un langage hérissé de termes techniques et de formules savantes, ils s'escrimaient à démontrer que jamais l'homme ne parviendrait à voler. Les plus timides hasardaient quelques objections, faisant observer respectueusement que les formules pouvaient pécher par quelque endroit, montrant que leur application même ne tendait à rien moins qu'à prouver l'impossibilité du vol des oiseaux. De part et d'autre, on se garda de les écouter... : la même année, en dépit des théories, l'homme planait dans les airs.

Le grand public, crédule, devrait savoir une fois pour toutes que la Science n'est pas responsable des erreurs des savants; ces derniers n'ont pas le droit d'imposer une limite définie à nos connaissances, pas plus d'ailleurs que les philosophes.

Nous en voyons encore la preuve dans le sujet qui nous occupe.

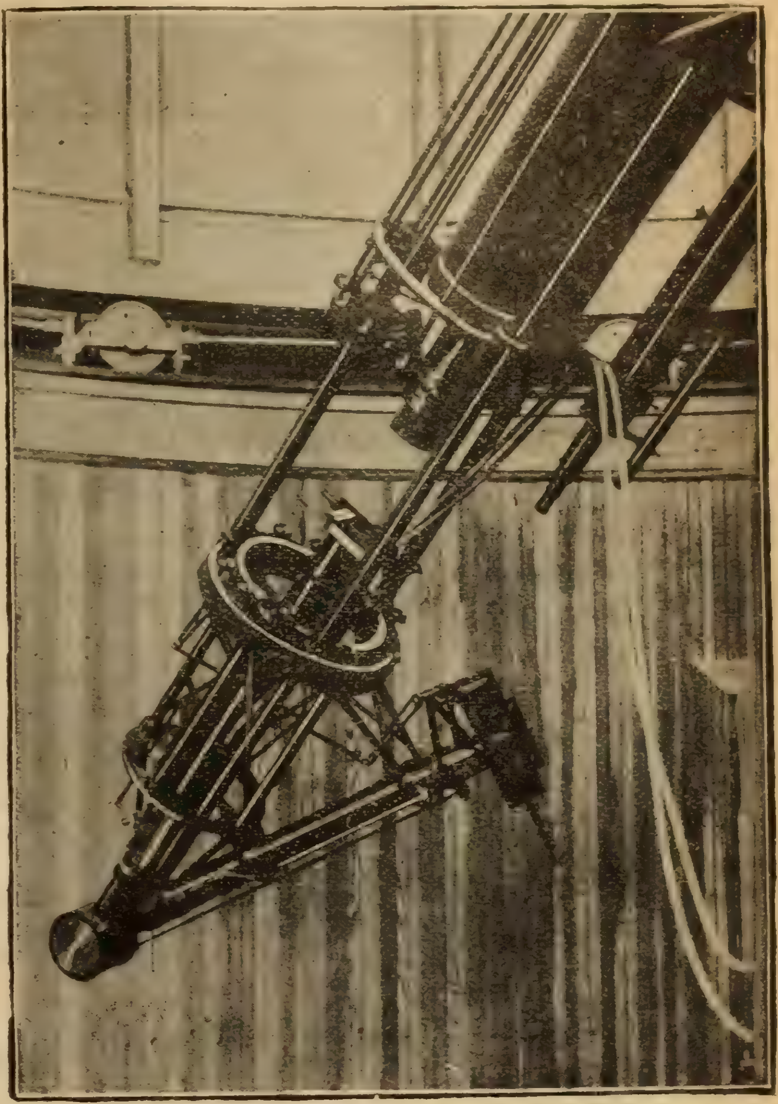
Il y a un peu plus d'un siècle, personne n'eût osé poser la question de l'analyse des corps brûlant dans les étoiles; actuellement, cependant, physiciens, chimistes et astronomes travaillent sans répit à augmenter nos connaissances sur l'univers stellaire : et ce résultat, nous le devons à l'analyse spectrale.

Les étoiles nous montrent, en effet, une très grande différence, aussi bien dans leur spectre que dans leur couleur.

Un astre arrive-t-il à son entier développement, il émet des rayons voisins du violet.. Depuis que nous avons constaté un fait analogue pour une barre de métal chauffée à blanc et mieux encore pour la lampe à arc, ceci n'offre rien d'extraordinaire.

La lumière stellaire, dans ce cas, nous paraît donc blanc-bleuâtre. Le ciel nous en offre de très nombreux exemples. Ce sont souvent de belles étoiles comme *Sirius* du Grand Chien, *Véga* de la Lyre, *Altaïr* ou *Procyon*.

Au spectroscope, les raies de l'hydrogène y apparaissent larges et accentuées, preuve que ces astres sont entourés d'une puissante atmosphère.



Spectroscope de l'Observatoire Kenwood.
C'est à l'aide de prismes combinés avec l'oculaire de leurs lunettes que les astronomes analysent les substances brûlant dans les étoiles.

Dans ces épouvantables fournaises, non seulement les métaux sont volatilisés, mais la dissociation chimique est l'état permanent, et nos éléments actuels, ceux même que nous considérons comme simples, y sont réduits en éléments moins avancé, parfois inconnus de notre chimie terrestre.

Combien de temps doit durer cette période d'exaltation? Nul ne saurait le dire. Des centaines de millions d'années, pour les unes, des dizaines ou des unités de millions pour les autres.

Dans le monde des étoiles, en effet, la lutte pour la vie est tout à fait simplifiée; elle dépend de la résistance au froid de l'espace et cette résistance elle-même est nécessairement liée au volume.

N'avons-nous pas vu le même fait se produire pour Jupiter, le premier-né de la famille solaire? Sa surface est encore chaude, alors que notre satellite, mis au monde après lui, a précipité son évolution et roule depuis longtemps dans l'espace un cadavre refroidi.

Ainsi lentement le temps fait son œuvre, le froid envahit tout; pour résister davantage, les gros soleils auront le même sort que leurs frères plus petits.

La condensation s'opère peu à peu, l'atmosphère s'épaissit à mesure que diminue sa hauteur; les raies de l'hydrogène s'affaiblissent, de nouvelles combinaisons chimiques deviennent possibles. Au sein de températures plus voisines que celles que nous obtenons, naissent des composés métalliques identiques à ceux qui nous sont familiers. En même temps, la couleur générale de l'étoile descend la gamme du spectre; la phase jaune commence.

Notre Soleil est presque parvenu à cet état; il n'a plus l'éclat de la jeunesse, et son rayonnement est celui qui précède la maturité de l'âge.

Dans son spectre, nous retrouvons un grand nombre d'éléments terrestres; au milieu de son atmosphère hydrogénée, nous apercevons des lignes fines dues à la présence du calcium, du fer, du nickel, du titane, du cuivre, etc.

Certains métaux n'existent pas encore dans cet effroyable creuset : ni bismuth, ni antimoine, ni mercure. L'oxygène même y est probablement contenu dans un état différent de celui qu'il adopte sur la Terre.

L'illumination électrique joue là-bas un rôle incontestable et l'atmosphère du Soleil, qui atteint parfois 7000 ou 8000 degrés peut-être, nous offre l'image d'un orage perpétuel. *Pollux* des Gémeaux, *Capella*, *Aldebaran*, l'œil du Taureau, *Arcturus* du Bouvier, paraissent, eux aussi, présenter des phénomènes identiques.

Sir William Ramsay, physicien anglais, célèbre par ses travaux sur l'évolution de la matière.

N'est-il pas merveilleux de voir avec quelle facilité, grâce au spectroscope, l'astronome moderne analyse la constitution d'astres aussi éloignés qu'Arcturus dont nous ignorons la véritable distance!

Des instruments, comme le radiomètre du professeur Nichols, permettent de se renseigner, malgré le formidable éloignement, sur la lumière éblouissante que ces astres nous envoient. Après avoir traversé un nombre effrayant de milliards de kilomètres, le rayonnement d'Arcturus équivaut néanmoins à celui d'une bougie placée à 9600 mètres!

Pendant des milliers d'années encore, notre Soleil brillera ainsi, réchauffant les terres soumises à son attraction, mais peu à peu il avance vers des phases nouvelles, symptômes d'une proche décadence.

A mesure, en effet, qu'un astre se refroidit, son spectre passe du jaune à l'orangé, puis au rouge. Sa température rentre dans la gamme connue; elle s'approche de

celles que nous fournit l'arc électrique.

Pendant que les raies des métaux se développent à profusion, celles de l'hydrogène s'atténuent et disparaissent.

Bételgeuse, Alpha d'Hercule, le rouge *Antarès* du Scorpion, présentent ces aspects caractéristiques d'une décadence plus ou moins avancée : ce sont des soleils au déclin de leur vie astrale.

Telles sont, résumées très sommairement, les grandes lignes qui marquent les phases de l'évolution stellaire. En réalité, ces trois étapes indiquées par le P. Secchi au début de la spectroscopie sont beaucoup plus complexes.

Avec une persévérance digne des plus grands éloges, les astronomes poursuivent chaque jour leurs analyses. Partout, le ciel nous présente des exemples nombreux de phases intermédiaires.

Dans un ouvrage qui est le résumé de plus de trente années d'études, Sir Norman Lockyer a présenté récemment l'ensemble de ses vues synthétiques sur la chimie du ciel. Grâce à des travaux de ce genre, on peut dire que les espaces célestes nous livrent tous les jours leurs secrets; ils éclairent d'une lumière nouvelle le problème si complexe de la matière et de ses transformations.

Sans l'Astronomie, nous en serions encore à la conception des successeurs de Lavoisier, admettant une centaine de corps simples ou d'éléments différents.

La science moderne tend de plus en plus à démontrer l'unité de la matière, et ses hypothèses grandioses sur ce sujet sont trop près d'être un dogme scientifique pour que nous les passions sous silence.

Sir Norman Lockyer,
directeur de l'Observatoire de South Kensington à Londres.

J'ai écrit dans *D'où venons-nous ?* à propos de Lavoisier une phrase qui demande explication. En parlant du créateur de la chimie moderne, j'ai dit que, par ses découvertes, ce savant avait lancé cette science dans une voie rétrograde. C'est qu'en réalité la pensée du célèbre novateur a été quelque peu déformée par ceux qui lui ont succédé.

Lorsque Lavoisier, par ses analyses, démontra l'existence des corps simples, il avait ajouté que ces substances n'étaient pas nécessairement indécomposables, et c'est ce que vérifia l'expérience.

Autrefois, la chaux passait pour un corps simple, nous savons aujourd'hui qu'elle est formée de calcium et d'oxygène. Cette décomposition d'un corps réputé simple ne s'est pas bornée à cet unique élément : la soude, la potasse, etc., sont logées à la même enseigne.

Alors, qui nous assure que la liste des corps inscrits comme simples aux catalogues des chimistes ne pourra pas se simplifier dans l'avenir et nous amener à une réduction totale de la matière en une seule substance ? Et c'est cet élément unique qui aurait donné naissance, par voie de transformations successives, à tous les corps connus.

L'idée était grandiose, mais l'accepter, c'était donner raison, jusqu'à un certain point, aux vieux alchimistes du moyen âge, qui prétendaient transmuter la matière et recherchaient la *Pierre philosophale*. C'était donner une réelle valeur à des songes creux de métaphysiciens, revenir en arrière, et la grande loi du progrès s'y opposait.

Pour saugrenue qu'elle parût, l'idée n'en fit pas moins son chemin. L'histoire de la science est remplie de ces retours imprévus : c'est ainsi qu'au XIXe siècle, dans le concert presque unanime des chimistes, partisans résolus de la multiplicité réelle des substances et de leur indestructibilité, on entendit bientôt s'élever plus d'une voix discordante.

A ceux qui prétendaient qu'il était impossible de faire dériver d'un même élément des corps aussi disparates que l'oxygène et le fer, on fit remarquer les variétés offertes par une même substance.

Lorsque vous vous présentez avec vos rivières et vos diadèmes de brillants, étincelante, sous les lustres de vos salons, savez-vous, Madame, que cette substance ornant vos cheveux, vos épaules et vos oreilles, et qui a nom *diamant*, n'est autre chose que du vulgaire charbon, du *carbone?* Cet homme noir qui, tous les jours, livre à votre cuisinière de quoi alimenter ses fourneaux, ce brave charbonnier enduit d'un vernis sombre, porte sur lui une substance qui, chimiquement, ne diffère pas de cette pierre précieuse à laquelle nos conventions modernes accordent tant de prix. Charbon, diamant, graphite, noir de fumée, ne sont que des variétés physiques d'un même corps, le carbone.

La façon seule dont les mêmes molécules sont agglomérées constitue toute la différence.

Les chimistes n'ignoraient pas ces faits. Peu à peu aussi, bon gré, mal gré, ils avaient été amenés à classer les corps simples en familles dont les éléments témoignaient d'une parenté profonde très certainement, d'une communauté d'origine... peut-être.

D'ailleurs les poids des atomes de chaque substance semblaient avoir une commune mesure avec certains corps; on les rapporta donc à celui de l'hydrogène pris comme unité; plus tard, leur relation avec l'oxygène fut adoptée. Finalement, on ramena tous les corps à des combinaisons multiples de quatre éléments : l'hydrogène, l'hélium, et deux autres substances non encore isolées..

Et c'est bien là le plus piquant de l'affaire : on ressuscite au XXe siècle la vieille doctrine des quatre éléments du moyen âge, sous une forme plus moderne, je dois l'avouer !

Enfin la liste des corps qui, réputés simples, se sont trouvés décomposés dans nos laboratoires, s'allonge tous les jours.

Au temps de Lavoisier, un chimiste à courte vue aurait dû regarder comme absolument simple l'acide borique, la silice et les alcalis.

De même, beaucoup plus tard, Péligot démontrait la constitution complexe de l'*Urane*. Auer von Welsbach, dès 1880, dédoublait le prétendu *Didyme*, tandis que ces années dernières (1908), M. Urbain parvenait à séparer les constituants de l'*Ytterbium;* et les travaux continuent !

Alors, qui pourrait nous prouver que d'autres corps, le cuivre et le plomb, par exemple, ne seraient pas décomposables à leur tour?

Si nous disposions de températures aussi élevées que celles de certaines étoiles, nous parviendrions, et nous avons de bonnes raisons de le croire, à décomposer un grand nombre de nos éléments chimiques actuels.

Ces vues toutes théoriques d'abord ne tardèrent pas à être confirmées par les expériences troublantes de Sir William Ramsay.

Dès 1869, l'analyse spectrale avait décelé la présence dans l'atmosphère du Soleil d'un corps auquel on donna pour cette raison le nom d'*hélium* (de *hélios*, soleil). Ce même corps retrouvé dans les nébuleuses resta inconnu de la chimie terrestre jusqu'en 1895, époque à laquelle Sir William Ramsay parvint à l'extraire de *terres rares* qu'une expédition polaire avait recueillies. Or, si on abandonne des sels de radium dissous dans l'eau, on constate qu'il s'échappe de la solution un nouveau gaz appelé par les physiciens « émanation ». Mais, et c'est là où le phénomène devient d'un intérêt capital, cette même émanation se transforme au bout de quelques jours en autre chose. Elle devient précisément de l'hélium.

Pour la première fois, la matière était prise en flagrant délit de transformation, de « transmutation », auraient dit triomphalement les vieux alchimistes.

Le fait, d'ailleurs, ne tarda pas à être confirmé par MM. Giesel et Debierne pour l'émanation d'une autre substance radioactive, celle de l'*actinium*.

Et voilà que maintenant Sir William Ramsay prétend que l'émanation du radium décomposerait les atomes du cuivre et les transmuterait en sodium et en lithium, deux corps de la même famille.

Les expériences se continuent; si elles donnent ce qu'elles promettent nous pouvons espérer arriver un jour à la transformation de l'argent en or. La Pierre philosophale dont le XVIII^e siècle s'est tant moqué ne serait donc pas un rêve!

Quoi qu'il en soit des conséquences pratiques de pareilles découvertes, les expériences de Ramsay ont une portée philosophique autrement considérable.

Elles tendent à prouver que tous les corps existants dérivent d'une matière unique; les multiples combinaisons auxquelles cette matière a donné lieu suffiraient pour expliquer tous nos corps simples en apparence.

Les astronomes en étaient moralement sûrs depuis longtemps. Tout système stellaire, avons-nous dit, débute par une nébuleuse; or, l'analyse spectrale ne décèle dans ces agglomérations gigantesques que la présence de rares éléments : hélium, hydrogène et deux ou trois corps inconnus dont le *nébulium*.

A mesure qu'avance la condensation, et que la nébuleuse se résout en étoiles, de nouvelles substances apparaissent.

D'où proviennent-elles?

Il est bien évident qu'elles se forment aux dépens des premières. Le spectroscope nous fait donc assister à une véritable évolution de la matière inorganique. La gamme descendante dont nous avons rappelé les notes générales et qui jalonne les phases de déclin dans la vie d'une étoile serait donc précédée de degrés ascendants répondant à des types célestes bien définis.

D'après Sir Norman Lockyer, les étoiles Alpha d'Orion, Deneb, Rigel, Zêta du Taureau nous donneraient une idée de l'échelle que parcourt une étoile depuis son origine jusqu'à son adolescence.

Nébuleuse de la Baleine.
(Photo Laïs).

N'avais-je pas raison de parler des révélations de la lumière? Et nous n'avons pas épuisé le sujet. Dans *Où allons-nous?* d'autres surprises nous attendent.

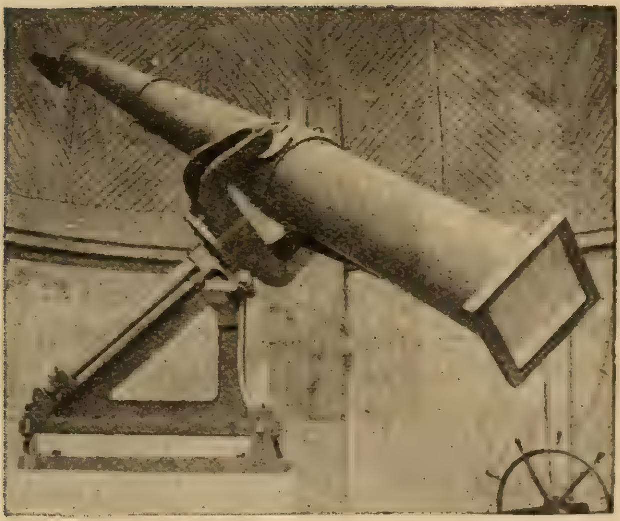
Lors de la découverte de Kirschoff, l'ensemble des raies spectrales posait aux physiciens un problème aussi difficile que la signification des hiéroglyphes. Maintenant, plus heureux que les archéologues, les astronomes ont sous les yeux, inscrite en traits de feu sur la voûte céleste, toute l'histoire de l'Univers.

Non seulement l'analyse spectrale éclaire le passé de notre planète, mais les décou-

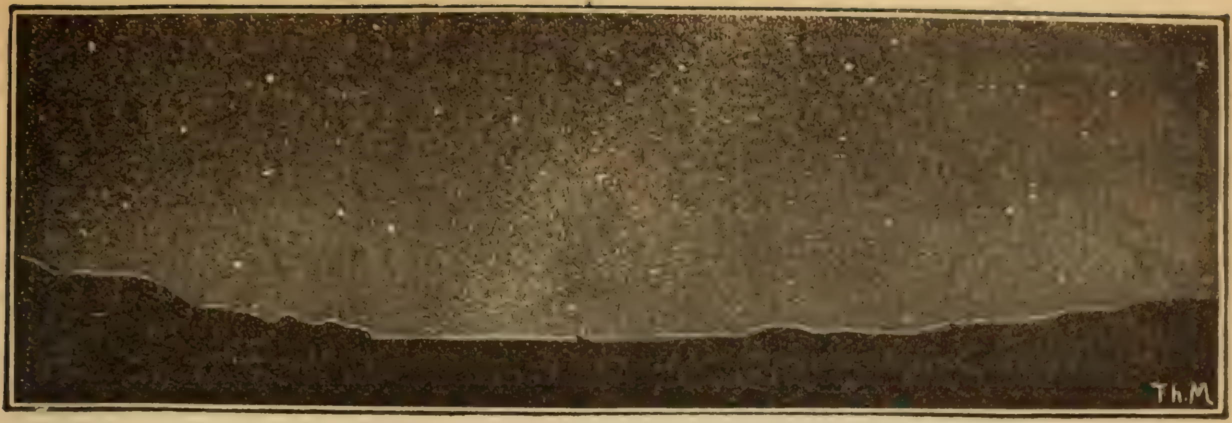
vertes comme celles de Lockyer jettent un jour nouveau sur la question si complexe de l'évolution de la matière. Les raies du spectre elles-mêmes se modifient et témoignent des circonstances qui les ont fait naître.

Toutes les sciences s'unissent donc dans une grandiose synthèse pour affirmer l'unité de la substance matérielle.

Les perfections de l'Auteur de la Nature manifestées dans la réalisation d'êtres intelligents éclatent avec non moins de magnificence dans la molécule inorganique obéissant aux lois qu'elle a reçues dès l'origine des temps.



Lunette photographique.



CHAPITRE VIII

LA VOIE LACTÉE

A toutes les époques de la civilisation le spectacle du ciel a provoqué les méditations des hommes, et pour enfantines que furent parfois les conceptions des âges anciens, toutes cependant témoignent d'un insatiable désir de savoir.

Observons la voûte céleste pendant une belle nuit d'hiver, nous serons immédiatement frappés par la présence d'un immense nuage blanchâtre formant au-dessus de nos têtes comme une sorte d'arche gigantesque; c'est la Voie lactée.

Pour expliquer cette étrange apparence, la Mythologie avait imaginé un ruisseau de lait s'échappant du sein de Junon allaitant Hercule; de là le nom de *Voie lactée.*

Plus tard, les légendes du moyen âge en firent une route conduisant au ciel. Cette dernière appellation prévaut encore aujourd'hui, et la Voie lactée est surtout connue dans nos campagnes sous le nom de *Chemin de Saint-Jacques.*

L'invention du télescope fit évanouir ces rêves poétiques, et la réalité, comme toujours, fut plus belle que les songes des peuples enfants.

Si la Terre était transparente, ou si nous étions isolés dans l'espace, nous pourrions constater que ce voile lumineux entoure la sphère céleste et la divise comme une sorte d'équateur en deux parties approximativement égales.

Cette ceinture est même plus irrégulière qu'elle ne paraît dès l'abord. Tantôt elle se resserre au point de n'avoir que quelques degrés d'épaisseur, six à huit fois le diamètre apparent de la Lune, tantôt elle s'étale sur une étendue beaucoup plus large.

Au début de l'automne, elle s'élance du Nord-Ouest, traverse Cassiopée, s'élève presque au zénith au-dessus du Sagittaire et disparaît sous l'horizon vers le Sud.

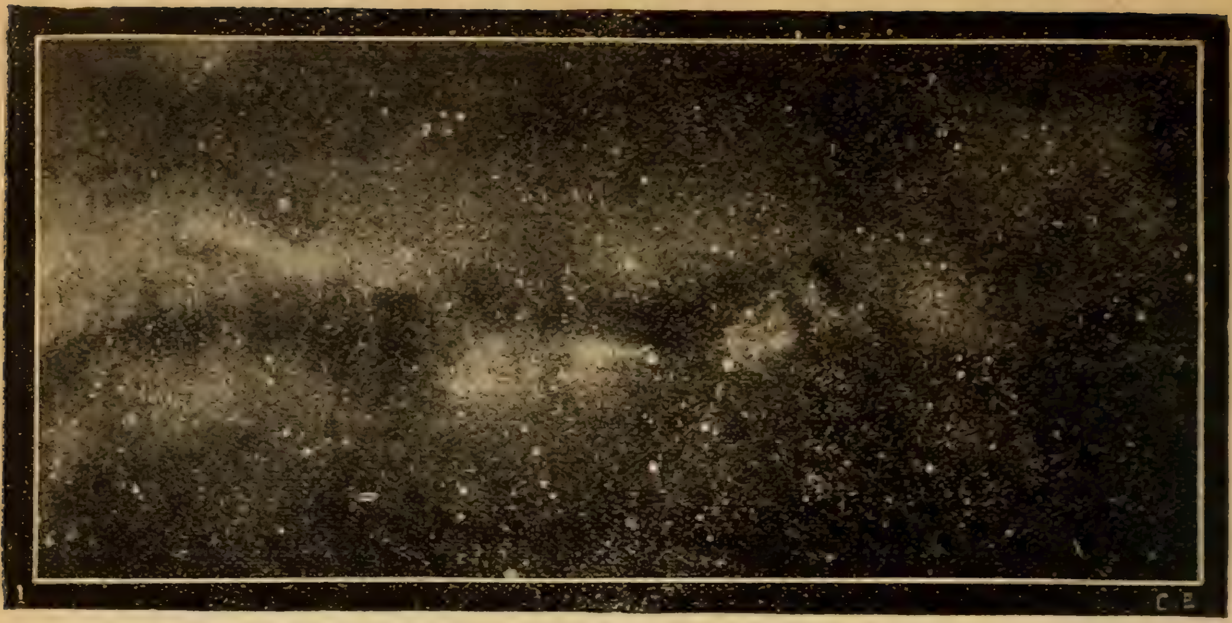
Cette moitié de la Voie lactée est remarquable par sa structure étrange et complexe.

Examinons-la très attentivement.

Dès que notre œil sera habitué à l'obscurité, nous distinguerons non plus un ruban nébuleux, mais de véritables nuages brillants amoncelés bout à bout, avec, parfois, des intervalles sombres comme dans Céphée.

Dans la constellation du Cygne, non loin de Deneb, elle offre une véritable bifurcation. La branche occidentale paraît former le plus fort courant entre le Cygne et l'Aigle. Puis les deux traînées deviennent égales en intensité, et tandis que l'une va se terminer dans Ophiucus, l'autre se rétrécit peu à peu et se poursuit vers le Sud.

Nous retrouvons la même division en deux branches un peu plus bas vers le Scorpion qui, dans nos régions, n'atteint jamais une grande hauteur.



La voie lactée boréale.
(D'après C. EASTON).

Pour apercevoir la seconde moitié de la Voie lactée, il faut nous rapprocher de l'équateur terrestre. Nous constatons alors que cette ceinture perd son éclat au Sud du Scorpion et du Sagittaire; mais elle s'élargit en se répandant à travers la Règle et l'Autel, et se rétrécit de nouveau pour former une grande tache lumineuse vers le Centaure et dans la Croix du Sud.

C'est en cet endroit que se trouve le fameux « Sac à charbon », sorte d'ouverture sombre en forme de poire située au centre même du courant.

Après un singulier rétrécissement, elle s'épanouit de nouveau très largement, et émet quatre tentacules bien marquées, s'ouvrant en éventail.

Dans le Navire se manifeste une sorte d'interruption. Puis la Voie lactée reprend avec une largeur exceptionnelle, passe entre Sirius et Procyon, entre Orion et les Gémeaux, pour rejoindre dans l'hémisphère boréal la branche du Cygne, par le Cocher, Persée et Céphée.

Quelle est donc la nature de cette traînée lumineuse dont la structure est si compliquée?

Si nous dirigeons un télescope dans des régions brillantes de la Voie lactée, nous constatons aussitôt que le champ de l'oculaire est pour ainsi dire criblé d'étoiles

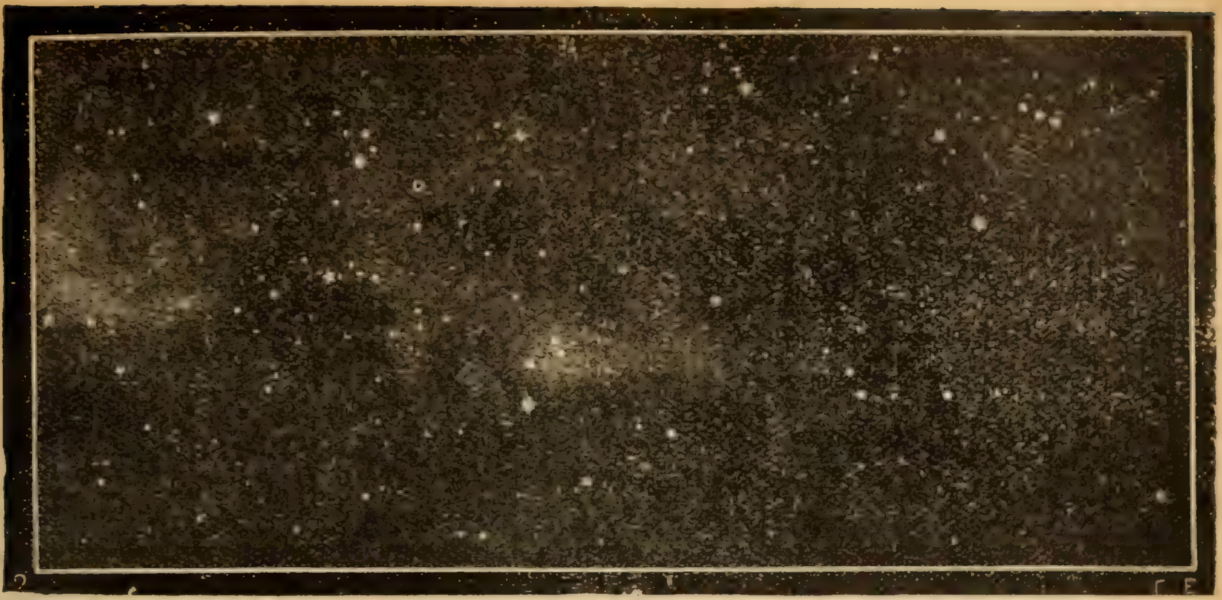
Une plaque photographique adaptée à une lunette et suivant le mouvement du ciel enregistre dans un tout petit espace un nombre fantastique de soleils lointains.

La Voie lactée est donc formée d'une quantité innombrable d'étoiles trop faibles et trop voisines en apparence pour être distinguées séparément à l'œil nu. C'est la distribution irrégulière de ces étoiles qui nous donne l'aspect varié de ce ruban phosphorescent dont la lumière augmente ou diminue d'éclat.

Cette explication n'est d'ailleurs pas nouvelle. Le philosophe grec Démocrite, trois cents ans avant notre ère, déclarait déjà que la Voie lactée n'était qu'une agglomération d'étoiles trop éloignées pour être visibles à l'œil nu. Mais il fallait attendre l'invention des lunettes pour faire la preuve d'une aussi étrange assertion.

Le premier, Galilée, vers 1610, constata le fait sans pouvoir en tirer d'autres conséquences.

En 1750, Thomas Wright va un peu plus avant et il s'imagine que la plupart des étoiles sont distribuées à l'intérieur d'un disque plat, sorte de gâteau mince dont nous occupons presque le centre. Ainsi s'expliqueraient les apparences qui nous sont familières. Si le ciel entier ne nous paraît pas d'égale densité stellaire,



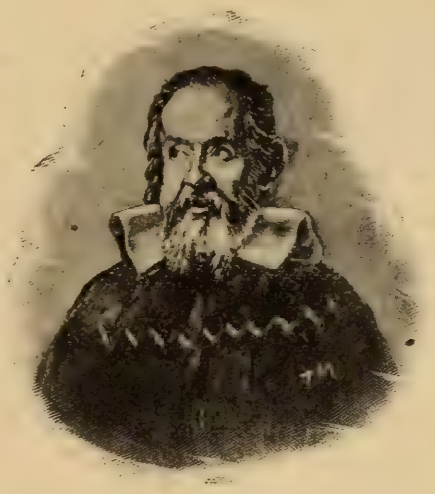
La voie lactée boréale.
(D'après C. Easton).

c'est que notre rayon visuel, balayant des directions différentes, ne rencontre pas un nombre égal d'étoiles. Traverse-t-il le disque en haut et en bas, selon son épaisseur, il trouvera très peu d'étoiles. Est-il dirigé suivant des rayons du disque, le nombre des étoiles est tellement grand qu'elles se projettent toutes les unes derrière les autres et semblent constituer une véritable ceinture qui nous entoure de toutes parts.

En 1755, Emmanuel Kant, dont nous avons déjà parlé à propos des systèmes cosmogoniques, n'hésite pas, tout en adoptant cette idée de Wright, à soumettre tous les astres à l'action de la gravitation universelle, et le soleil de cet immense système pourrait bien être le monstrueux Sirius, la plus belle étoile du ciel.

Il ajoute que les nébuleuses sont probablement d'autres Voies lactées séparées de la nôtre par d'énormes distances et décrivant toutes des orbites autour d'un corps central unique et inconnu.

Quelques années plus tard, en 1761, le mathématicien Lambert cherche à grouper les brillantes étoiles du ciel autour de notre Soleil pour en faire un amas distinct de la Voie lactée. Il arrive ainsi à imaginer des systèmes de plus en plus vastes. Le Soleil avec les planètes forment un système de premier ordre, les étoiles brillantes un système de second ordre, etc., et tout cela tourne autour d'un corps prépondérant qui reste à découvrir. Mais toutes ces explications, dues à des théoriciens éminents, ne reposaient sur aucune base expérimentale. William Herschel résolut alors d'en appeler à l'observation pour essayer une esquisse générale de l'Univers.



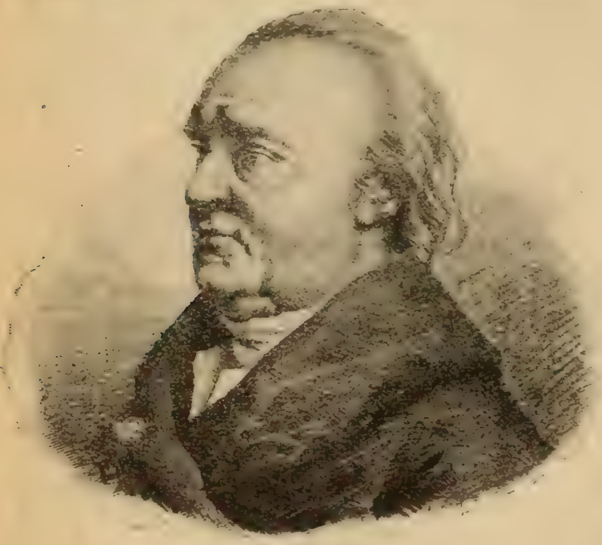
Galilée, physicien et astronome italien, qui, le premier, appliqua la lunette à l'étude du ciel. (*1564-1642.*)

Non content, en effet, d'observer, de sonder les cieux, de compter les astres qui peuplent l'immensité, il recherchait sans cesse le plan qui a présidé à la création.

« La connaissance de la construction de l'Univers, disait-il, a toujours été le but ultime de mes observations. » Mais, lors même qu'il proposait les théories les plus grandioses pour l'explication du monde

stellaire, il avait toujours soin de se laisser guider par l'expérience.

« Nous devons éviter deux extrêmes opposés, écrivait-il en 1785. Si nous écoutons trop une imagination romanesque et si nous construisons des mondes fantaisistes, nous ne devons pas nous étonner de nous écarter loin du chemin de la vérité et de la nature. D'un autre côté, si nous entassons observations sur observations sans essayer de tirer non seulement des conclusions certaines, mais aussi des hypothèses, nous allons contre le vrai but pour lequel seul on doit faire des observations. »



William Herschel, célèbre astronome hanovrien créateur de l'astronomie stellaire (1738-1822).

Son but n'était donc pas seulement de découvrir des astres nouveaux, mais de reconnaître la construction intime de l'Univers. Pour entreprendre cette œuvre gigantesque, il lui fallait des instruments; mais Herschel n'était alors qu'un pauvre chef d'orchestre à Bath, et les prix des lunettes et des télescopes étaient beaucoup trop élevés pour ses maigres ressources. Sans se laisser décourager, il résolut de devenir lui-même son propre opticien.

On était alors au milieu de l'année 1773. Herschel transforma toutes les pièces de sa maison en ateliers pour la construction des miroirs. Pendant une année entière, il se lança dans une multitude d'essais sur les alliages métalliques qui réfléchissent la lumière avec le plus d'intensité; sur les moyens de donner aux miroirs une figure parabolique, etc.

Une si rare et si constante persévérance reçut enfin son prix, et après *deux cents* échecs successifs, Herschel réussit à construire un télescope passable de cinq pouces (125 millim.) de diamètre et de cinq pieds et demi (1^{m},67) de longueur focale. Avec ce nouvel instrument, le 4 mars 1774, il put observer la nébuleuse d'Orion.

Il allait donc pouvoir enfin aborder les grands problèmes qui le hantaient : quelle relation existe-t-il entre les constellations qui brillent un peu partout sur la voûte céleste et la Voie lactée, cette immense trace blanchâtre qui divise le ciel en deux parties à peu près égales? Le tout, constellations et Voie lactée ne forme-t-il pas un système unique, dans lequel seraient plongés notre Soleil et son cortège de planètes? Et, s'il en est ainsi, quelle est la forme de ce système géant et quelle place occupons-nous dans l'ensemble?

Telles étaient les questions qu'il avait entrepris de résoudre et auxquelles il voulait consacrer sa vie entière.

Une première revue générale du ciel, entreprise en 1775 avec un petit instrument, eut pour résultat de le convaincre de l'extrême disproportion entre le projet à réaliser et les moyens d'exécution.

Il se remit donc à l'ouvrage avec une nouvelle activité, et, avant l'année 1781, il n'avait pas fait, nous dit-il lui-même, moins de 200 miroirs de 2^{m},13 de longueur focale, 150 de 3 mètres, et environ 80 miroirs de 6 mètres.

Le travail du polissage était extrêmement pénible. C'était alors une opération manuelle au cours de laquelle on ne pouvait enlever les mains de dessus le métal sans en abîmer la surface. La durée du travail continu était parfois de seize heures, et miss Herschel raconte que pour conserver la vie de son frère, elle mettait elle-même la nourriture dans la bouche de l'opérateur.

C'est au cours de sa seconde revue du ciel, en 1780, qu'il découvrit la planète Uranus.

En même temps, il entassait les matériaux pour son premier catalogue de 269 étoiles doubles dont 227 au moins étaient absolument nouvelles. Cette revue prit fin en 1781.

Il en commença aussitôt une troisième, en employant un grossissement plus puissant; le champ de ses recherches s'étendit à proportion.

Le premier examen n'avait compris que les étoiles de première, seconde, troisième et quatrième grandeurs; dans le troisième, il entreprit la révision des étoiles du catalogue de Flamsteed, afin de rechercher des exemples de changements célestes.

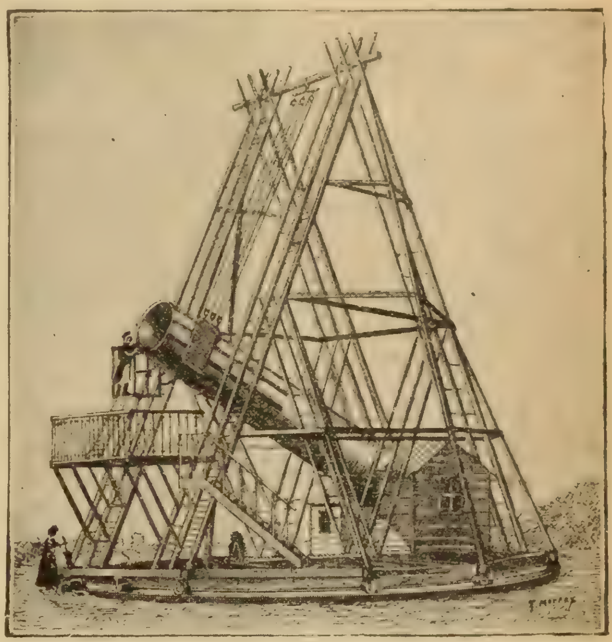
Ces revues du ciel étaient extrêmement laborieuses; Herschel installait ses instruments en plein air, et souvent par les nuits les plus froides, qui sont les meilleures pour l'observation. Sa sœur Caroline écrivait sous sa dictée. C'était d'ailleurs un secrétaire intelligent et dévoué. Du crépuscule à l'aurore, elle restait assise près du grand astronome et souvent les pieds dans la neige. La fatigue, le sommeil, le froid, rien ne l'arrêtait. Elle raconte elle-même que parfois, au cours de ses travaux nocturnes, l'encre gelait dans l'encrier.

Souvent Herschel observait pendant onze ou douze heures de suite; il examinait alors jusqu'à 400 objets célestes dans une même nuit et faisait passer au moins trois fois chaque étoile dans le champ du télescope. Son ardeur était telle qu'il lui arriva de travailler soixante-deux heures de suite sans prendre de repos; il est vrai qu'après de pareilles fatigues, il était obligé, ainsi que le raconte Caroline, de dormir vingt-six heures consécutives.

Si l'on songe qu'Herschel ne posséda jamais d'instrument monté équatorialement, avec mouvement d'horlogerie pour suivre les étoiles, on est stupéfait de l'œuvre accomplie par le grand astronome. Ce travail formidable nous semblerait même impossible si Herschel ne l'avait réalisé.

Ce fut au mois de juin 1784 qu'il donna à la *Royal Society* une première esquisse de ses idées sur la constitution de l'Univers. Cette esquisse fut d'ailleurs complétée l'année suivante dans un nouveau Mémoire.

Partant de cette hypothèse que les étoiles sont toutes d'égales dimensions et qu'elles sont également distantes les unes des autres, il résolut de mesurer l'épaisseur de la couche en différents endroits. Nous sommes placés à l'intérieur de la Voie lactée, presque au centre; nous voyons donc l'Univers stellaire non en



William Herschel, aidé de sa sœur Caroline, observait le ciel à l'aide d'un télescope de 40 pieds, dont il avait lui-même construit le miroir.

plan, mais en section. Le problème consiste dès lors à déterminer la forme et les dimensions de cet univers tel qu'il nous apparaîtrait si nous étions transportés en un point extérieur.

La méthode qu'il adopta a acquis par ses résultats une grande célébrité. Elle est d'ailleurs très simple et consiste, suivant l'expression pittoresque de l'illustre astronome, à *jauger les cieux*.

Si, en effet, les étoiles sont également distantes entre elles, le système aura d'autant plus de profondeur ou, si l'on veut, s'étendra d'autant plus loin dans une direction spéciale que les étoiles y seront

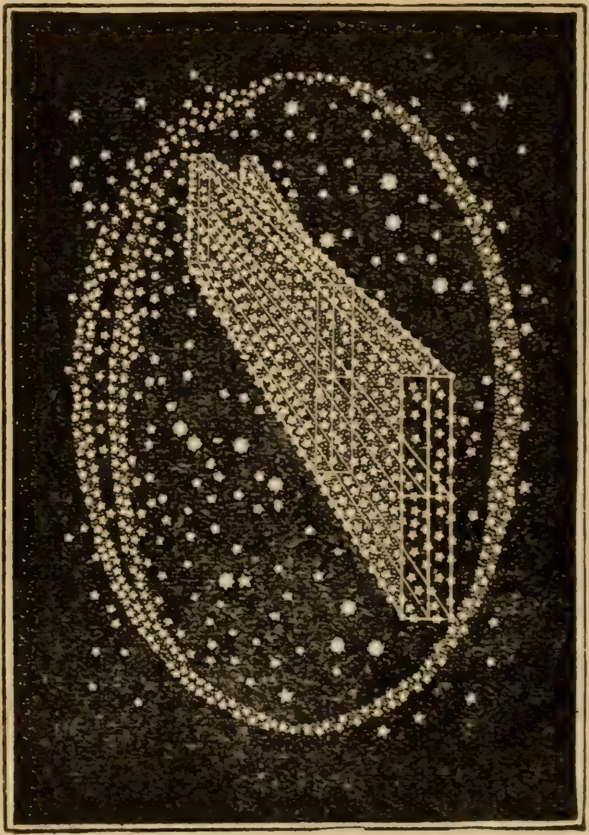
plus nombreuses et plus denses. Il suffit donc de compter les étoiles le long d'un certain nombre de rayons visuels pour connaître l'étendue relative du système et s'en faire ainsi une idée approximative.

C'est ce que fit Herschel par ses *jauges stellaires.* Il trouva de cette façon que certaines régions très peuplées de la voûte céleste étaient *cent fois* plus étendues que d'autres parties très pauvres, et il en vint à cette première conclusion que notre nébuleuse est un amas ramifié extrêmement étendu, renfermant des millions et des millions d'étoiles. Notre Soleil est situé presque au centre. La Voie lactée, telle qu'elle nous apparait dans le ciel, ne serait qu'une projection d'un disque plat, de contour très irrégulier, avec une profonde fissure correspondant aux deux branches entre le Cygne et le Scorpion.

Déjà, cependant, il découvrait le point faible de ses conclusions, elles reposaient sur l'hypothèse de l'égale distribution des étoiles; la plus grande densité stellaire n'indiquait donc pas un plus grand nombre d'étoiles dans une région déterminée, mais une plus grande étendue de cette région. Or, ses propres observations semblaient prouver le contraire. « Il ne serait pas difficile, écrivait-il en 1785, de trouver deux ou trois cents amas particuliers dans notre système. »

Plus tard, en 1796, à la suite d'études plus approfondies, il commençait à abandonner cette première idée, et, en 1802, dans de nouvelles remarques sur la constitution de l'Univers, il admettait que la Voie lactée est formée d'étoiles distribuées dans l'espace d'une façon tout autre que celles qui nous entourent immédiatement.

En 1811, il revenait sur le même sujet, et, en 1817, « les jauges, qui, dans l'hypothèse d'une égale distribution, étaient, disait-il, regardées comme des indices de la distance, se rapportent en réalité plus directement à la distribution des étoiles dont elles donnent une précieuse connaissance ».



William Herschel pensait primitivement (1784) que l'Univers est un système plat se bifurquant à une extrémité. Ce système rempli d'étoiles donnait les apparences de la Voie lactée (cercle extérieur).

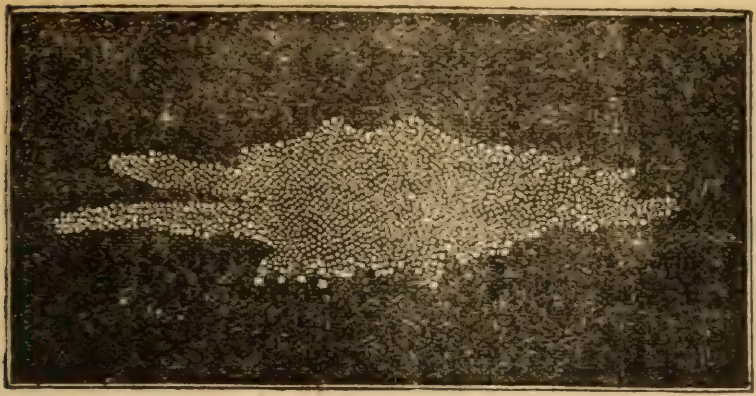
C'était l'abandon définitif de la théorie du disque. En fait, Herschel ne formula jamais une autre hypothèse sur la structure de l'Univers, mais l'analyse de ses divers écrits permet de se faire une idée de ce qu'il pensait de la Voie lactée pendant ses dernières années. D'après lui, elle se compose d'un très grand nombre d'étoiles dont quelques-unes sont à une telle distance de nous que, même avec les plus forts instruments, nous ne saurions les apercevoir.

« Je ne puis, avec mon télescope de vingt pieds, écrivait-il, sonder la profondeur de la Voie lactée. Notre Soleil, ainsi que toutes les étoiles visibles à l'œil nu, forment un amas central, profondément plongé dans la Voie lactée dont il fait partie intégrante. Et si, en certains endroits, nous ne pouvons pas résoudre complètement cette formation, c'est qu'elle est réellement insondable, sans limite. »

Et cependant, lorsque le grand Herschel mourut, on grava sur sa tombe ces simples mots :

Caelorum perrupit claustra.
Il a brisé la barrière des cieux.

La postérité a-t-elle ratifié les idées du grand astronome hanovrien sur les limites inaccessibles de l'Univers? C'est ce que nous examinerons un peu plus tard.



Dans une deuxième esquisse, William Herschel représentait ainsi la structure de l'Univers.

Sir John Herschel, le fils de William, fut le continuateur de ses travaux.

Pour compléter la revue du ciel et poursuivre les jaugeages commencés dans l'hémisphère Nord, il alla s'installer dans l'Afrique australe, au cap de Bonne-Espérance. Le résultat de ses observations sur la distribution des étoiles confirma les recherches du vieil Herschel. Très faible au pôle des régions galactiques (1), le nombre des étoiles augmente progressivement jusqu'à ce qu'on atteigne l'anneau même de la Voie lactée. Toutefois, sir John Herschel ne chercha pas à perfectionner les théories de son père sur la structure de l'Univers.

Il était réservé à W. Struve d'émettre de nouvelles idées originales sur ce sujet. Il montra, en effet, que les étoiles bien visibles à l'œil nu, c'est-à-dire de cinquième grandeur et au-dessus, ne sont pas plus nombreuses dans la Voie lactée que dans les autres parties du ciel. Mais, à mesure qu'on descend l'échelle des grandeurs, le nombre des étoiles s'accroît très vite et l'augmentation devient effrayante à l'intérieur et au milieu du ruban galactique.

(1) Galactique : qui se rapporte à la Voie lactée.

En admettant l'hypothèse que les étoiles nous paraissent généralement d'autant plus petites qu'elles sont plus éloignées, le fait précédent nous fournirait la preuve que l'Univers est plus étendu dans le sens de la Voie lactée que dans une direction perpendiculaire, c'est-à-dire vers ses pôles. Ces conclusions, toutefois, ne sont pas à l'abri d'objections sérieuses. Il est faux de supposer que les étoiles ont le même éclat intrinsèque ou qu'elles sont uniformément distribuées dans l'espace. Nous savons, en effet, que certaines étoiles, Arcturus, par exemple, sont des soleils énormes, beaucoup plus éclatants que notre astre central; d'autres, au contraire, sont de véritables pygmées dans la grande armée céleste.

Il n'y a donc pas uniformité, si bien que bon nombre d'étoiles classées dans les dernières grandeurs doivent être certainement à des distances relativement

Sir John Herschel astronome anglais, qui continua en partie l'œuvre de son père William (1792-1871).

faibles, soit parce qu'elles sont très petites en réalité, soit parce que leur éclat est inférieur à celui des autres.

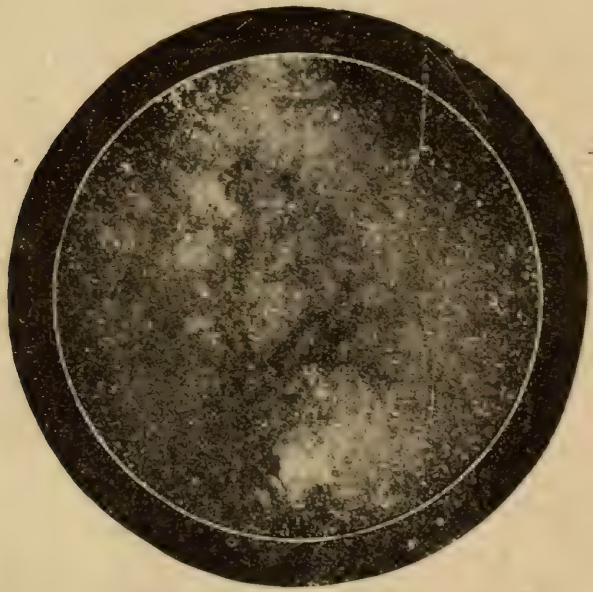
Malgré toutes ces considérations, il faut avouer cependant que les recherches modernes nous amèneraient plutôt à conclure que la Voie lactée a une structure grossièrement annulaire. Sa forme générale ne serait pas précisément celle d'une sphère dont tous les diamètres sont égaux mais celle d'un disque sphérique très aplati.

W. Struve, astronome russe (1793-1864).

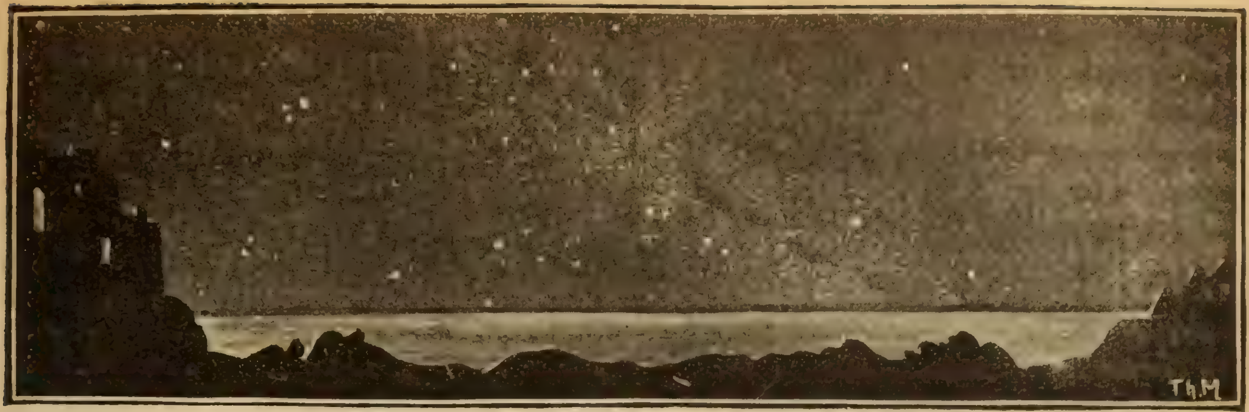
A l'intérieur de ce disque, les étoiles formeraient de véritables amas dont les limites seraient assez imprécises.

On pourrait, en d'autres termes, les comparer à de gros nuages qui s'entassent certains soirs d'été au-dessus de l'horizon. Ces *cumulus*, ainsi que les appellent les météorologistes, forment des masses évidemment distinctes, et cependant personne ne saurait dire où chacun d'eux se termine.

Nous allons, dans le chapitre suivant, exposer ces idées nouvelles et essayer à notre tour d'esquisser le dessin de l'Univers où le système solaire est plongé.



Une région de la Voie lactée photographiée avec un petit objectif.



CHAPITRE IX

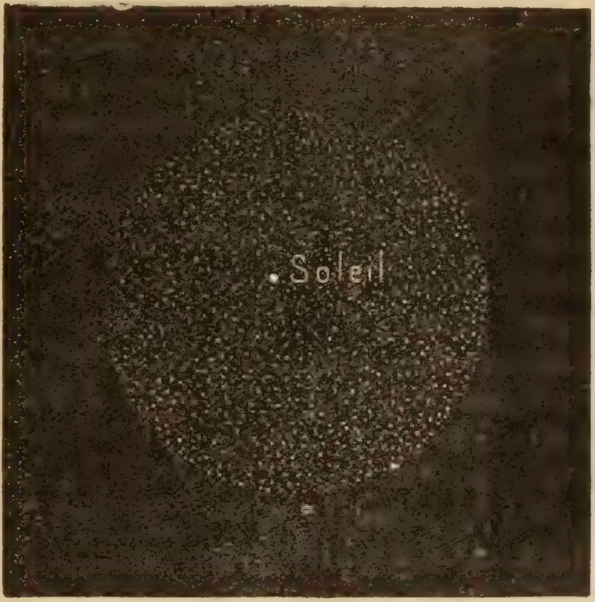
LA STRUCTURE DE L'UNIVERS

Nous avons vu au chapitre V que notre Soleil est situé à l'intérieur d'un amas composé de plusieurs centaines d'étoiles : ce sont les plus proches et généralement les plus brillantes.

Cet amas lui-même est sans aucun doute entouré par ce que nous pouvons appeler l'anneau *galactique*; mais quelle est la structure et la véritable forme de cette ceinture apparente ? C'est précisément ce qu'il nous reste à déterminer.

Et d'abord, comment l'observation, à défaut des distances exactes des étoiles, pourra-t-elle nous renseigner sur le plan de l'Univers ?

Il est bien évident que si toutes les étoiles autres que celles de notre amas étaient uniformément distribuées dans une sphère énorme et que le Soleil fût placé près du centre, notre rayon visuel rencontrerait un nombre presque égal d'étoiles dans tous les sens.



Une première hypothèse consiste à supposer notre Soleil plongé dans une sphère énorme peuplée d'étoiles.

Or, les travaux dont nous avons parlé montrent que tel n'est pas le cas.

Il reste donc deux hypothèses pour expliquer l'accroissement des étoiles à mesure qu'on approche de la Voie lactée.

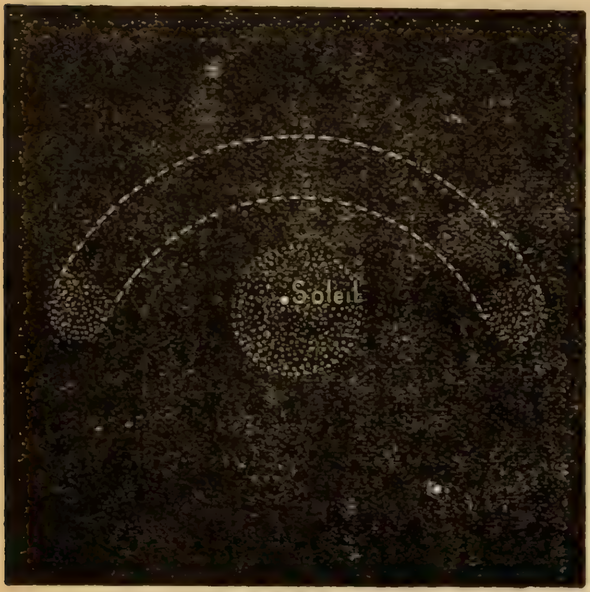
Ou bien l'anneau galactique entoure une petite sphère remplie d'étoiles, ou bien nous sommes plongés au milieu d'une sorte de boule aplatie dont l'équateur est peuplé d'un nombre considérable d'astres brillants. C'est l'observation seule qui peut nous fixer sur la valeur de l'une ou l'autre hypothèse.

Un simple coup d'œil sur la voûte céleste, par une belle nuit d'hiver, nous montre à l'évidence que les étoiles deviennent de plus en plus nombreuses en approchant de la Voie lactée, mais ceci ne saurait nous renseigner complètement. Il nous faut des données plus précises. Or, c'est ici que commence la difficulté.

Ah! si la carte photographique du ciel

était terminée; si nous avions repéré et catalogué toutes les étoiles enregistrées, le travail ne serait plus qu'œuvre de statistique! Malheureusement, nous sommes encore loin du but rêvé.

Nous serons donc obligés de nous contenter des catalogues d'étoiles mis à notre disposition par de patients chercheurs.



On peut encore supposer le Soleil au milieu d'un amas entouré d'un anneau d'étoiles.

Commençons par les étoiles visibles à l'œil nu, ce sera une première approximation très utile. Répartissons-les sur un globe céleste à leur place exacte et traçons les limites de la Voie lactée. Que voyons-nous?

Sur 5 356 étoiles, 1 200 d'entre elles tombent à l'extrémité de la zone galactique dont les bords eux-mêmes réunissent la plupart des étoiles brillantes.

En supposant même que les formes nuageuses de la Voie lactée nous soient inconnues, la distribution des étoiles visibles à l'œil nu nous permettrait de tracer assez correctement le dessin général de cette immense formation.

Il y a donc là une indication tout à fait sérieuse. Il est évident, en effet, que si la répartition des étoiles était à peu près uniforme dans le ciel, la Voie lactée, qui n'occupe qu'une faible portion de la surface céleste, ne contiendrait pas le cinquième des étoiles visibles à l'œil nu! Puisqu'elle les contient, nous pouvons déjà conclure que ces étoiles ont une tendance à se grouper autour d'elle, à faire partie intégrante de ce nuage lumineux. Les étoiles de notre amas font seules exception.

C'est ce que Proctor n'ignorait pas lorsqu'en 1872 il entreprit de faire la répartition, non plus des étoiles visibles à l'œil nu, mais de toutes celles que contient le catalogue d'Argelander, c'est-à-dire de 324 198 étoiles.

Cette fois, la conclusion fut plus intéressante; non seulement les étoiles comprises entre la première et la neuvième grandeur 1/2 indiquaient nettement la forme générale de la Voie lactée, mais leur distribution en montrait toutes les particularités; c'est à tel point que, si la densité stellaire varie sur la carte, l'augmentation ou la diminution des étoiles coïncide avec une recrudescence de luminosité de la Voie lactée; ses fentes et ses déchirures y sont même nettement indiquées. Schiaparelli est arrivé aux mêmes conclusions.

A l'aide de nouvelles cartes et de matériaux plus nombreux, le professeur Seeliger a repris, en le perfectionnant, le procédé des *jauges* d'Herschel.

Autour de la Voie lactée, il a tracé des zones au moyen de parallèles distants de

Enfin, reste l'hypothèse d'une boule aplatie renfermant des étoiles qui entourent notre Soleil.

20 en 20 degrés et il a compté le nombre des étoiles dans chaque zone.

Eh bien! la densité stellaire s'accroît dans ces zones à mesure qu'on approche de la Voie lactée.

Ceci nous prouve que des deux dernières hypothèses soumises à notre choix, c'est

la seconde seule qui s'accorde le mieux avec la réalité.

La Voie lactée n'est donc pas un phénomène purement local, elle est intimement liée à la constitution intime de notre Univers stellaire; ce n'est pas tout à fait le

R. Proctor, astronome anglais (1837-1888).

disque aplati d'Herschel ou de Struve, mais quelque chose d'approchant.

Les travaux de Seeliger indiqueraient, en effet, que notre Univers n'est pas contenu dans une enveloppe sphérique, mais que sa forme rappelle plutôt celle d'une boule fortement aplatie, un *ellipsoïde*, diraient les géomètres.

Notre Soleil étant une étoile située presque au centre, les apparences s'expliquent assez bien.

Lorsque nous dirigeons nos regards vers les régions de la Voie lactée, dans le plan équatorial de l'Univers, pour ainsi dire, les étoiles paraissent, grâce à un effet de perspective, s'accumuler vers ce plan. En réalité, deux mondes voisins dans cet Univers colossal peuvent être aussi distants l'un de l'autre que l'est de notre Soleil Alpha du Centaure, notre voisine, dont la lumière met plus de trois années pour parvenir à la Terre.

Portons-nous les regards vers les pôles de la Voie lactée, c'est le contraire qui se présente; notre rayon traversant l'Univers dans sa partie la moins épaisse, nous apercevons très peu d'étoiles.

En tenant compte des *jauges* remarquables d'Herschel, on arrive à des conclusions identiques; mais comme les télescopes géants de l'astronome hanovrien montraient des astres que Seeliger n'a pas utilisés, on trouve encore un plus grand nombre d'étoiles dans le plan galactique.

Somme toute, au lieu d'être uniformément répandues dans la sphère aplatie dont nous avons parlé, les étoiles de la Voie lactée seraient plutôt groupées dans un anneau immense ressemblant à ce que nous voyons dans la nébuleuse annulaire de la Lyre.

Ainsi, de déductions en déductions, la science moderne approche peu à peu de la solution de ce grand problème : la structure réelle de l'Univers.

La théorie de l'anneau n'explique pas tout cependant; elle ne rend pas compte en particulier de la division en deux branches de la Voie lactée sur le tiers environ de sa

Seeliger, astronome allemand, célèbre par ses travaux d'astronomie stellaire.

longueur. Et puis, que signifient ces amas brillants, ces taches lumineuses, ces alignements manifestes, à la façon de certaines formes nuageuses dans notre atmosphère? On dirait qu'un souffle puissant a dispersé, comme une véritable poussière, les étoiles accumulées dans les espaces

célestes; comment rendre compte des déchirures qui sont réelles ? Pourquoi ces interruptions ?

En réfléchissant à toutes ces particularités, Proctor a tenté un nouvel essai de reconstitution.

Il supposait que la Voie lactée n'est qu'une vaste traînée d'étoiles; mais cette traînée, loin de représenter un anneau, ressemblerait à un immense serpent étendu en ovale avec les deux extrémités ramenées vers le centre. C'est à cet endroit qu'une sorte de vide se manifesterait. D'autre part, la branche principale émettrait de nombreuses ramifications se repliant parfois sur elles-mêmes. Enfin, en supposant que la traînée principale se déroule, non plus dans un seul plan, mais au-dessus et au-dessous suivant une surface gauche, on aurait l'explication du dédoublement de la Voie lactée sur une grande portion de son parcours. Pour rendre compte de cette dernière particularité, Celoria avait déjà émis l'hypothèse de deux anneaux inclinés de 20 degrés l'un sur l'autre.

D'après Proctor, la Voie lactée ressemblerait à un serpent replié sur lui-même.

Dans la couronne extérieure, la Voie lactée telle qu'elle nous apparaît.

Quoique peu vraisemblables, ces diverses théories étaient un acheminement vers l'explication d'un fait très remarquable et dont les anciens n'avaient pas tenu assez compte : la différence de luminosité entre certaines parties de la ceinture galactique.

Par une belle nuit claire du mois d'août, l'observateur le moins attentif peut remarquer la grande supériorité d'éclat de la Voie lactée près de l'Aigle, par rapport à la région opposée, la Licorne. Si nous divisons l'anneau galactique en deux parties par un diamètre joignant la Croix du Sud à Cassiopée, le nombre des étoiles est plus faible dans la moitié comprenant les Gémeaux, la Licorne et le grand Chien, que dans la moitié renfermant les belles régions du Cygne et du Sagittaire.

Dans cette dernière constellation, les taches sont si brillantes qu'à moins de supposer l'existence d'accumulations stellaires gigantesques, nous sommes forcés d'admettre que cette partie de la Voie lactée est bien plus rapprochée de nous que la moyenne.

Toutes les autres particularités ont été assez bien étudiées par Easton qui a imaginé l'hypothèse suivante : nous savons aujourd'hui que la plupart des nébuleuses ont une structure en spirale. (Voir *D'où venons-nous ?*) La grande nébuleuse originelle, celle qui a donné naissance à tous les mondes, à tous les soleils de l'Univers, n'aurait pas une autre forme. Cette spirale immense émettrait dans toutes les directions d'immenses tentacules, qui auraient formé, en se condensant, des nébuleuses plus petites et finalement des amas d'étoiles au sein de la grande masse primitive.

Notre amas aurait ce privilège, si c'en est un, d'occuper une partie voisine du centre de l'amas principal, situé dans la direction du Cygne. En outre, ces spirales galactiques ne seraient pas toutes dans le même plan.

J'ai donné autrefois dans la revue *le Cosmos* mes idées personnelles sur cette formation gigantesque. Sans vouloir épui-

C. Easton,
astronome hollandais.

ser à fond le sujet, qu'il me soit permis d'y revenir ici et d'expliquer d'une façon générale comment je conçois la structure et la formation de l'Univers stellaire.

Il y a d'abord un fait qui a été mis en relief tout récemment et dont nous devons tenir compte.

Alors que les étoiles augmentent en nombre à mesure qu'on approche de la Voie lactée, le nombre des nébuleuses diminue d'autant. Excepté les nébuleuses planétaires qui forment un groupe tout à fait à part, on dirait que les vraies nébuleuses se sont réfugiées loin du plan galactique et se sont groupées autour même des pôles de ce plan.

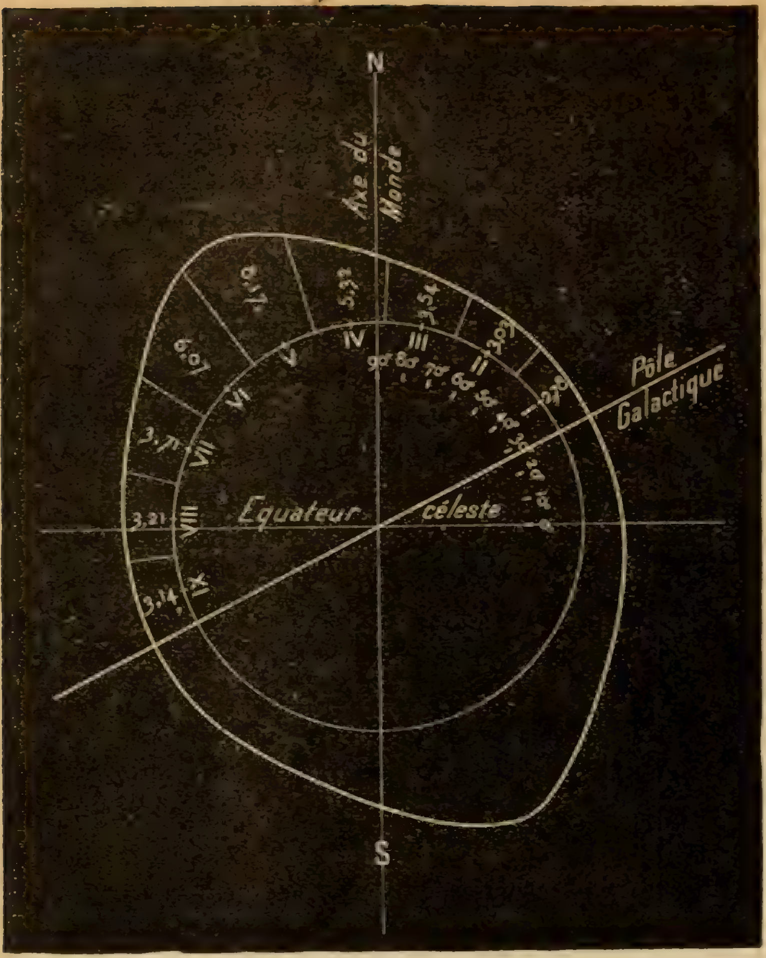
J'admets donc qu'au début, toute la matière composant l'Univers visible était répandue à l'état de diffusion extrême dans une sphère à peu près ronde.

Comme je l'ai déjà expliqué dans *D'où venons-nous ?* l'étude des lois mécaniques montre qu'un aplatissement s'en est suivi, ce vaste système était toutefois dans des conditions très différentes de notre nébuleuse solaire. Pas de soleil central unique, mais des amas particuliers se groupant près du centre; en même temps, il y a eu tendance à la formation d'un anneau analogue à celui qui a donné naissance chez nous à la planète Jupiter. La résistance des matériaux a amené peu à peu une forme vaguement spiraloïde. Mais ici il faut éviter une confusion : dans les nébuleuses spirales, chaque globule brillant donnera naissance à une étoile, tandis que dans notre grande nébuleuse, ces globules énormes ont formé à leur tour des parties distinctes, d'autres nébuleuses dans la nébuleuse-mère, si bien qu'il en est résulté des amas gigantesques d'étoiles de toutes sortes.

L'amas dont fait partie notre Soleil serait peu éloigné du centre.

Quant aux pôles de cette immense formation galactique, vidés de bonne heure au profit du plan équatorial, on comprend que la matière ait subi là-haut dans son évolution une sorte de retard. Ce qui le prouve surabondamment, c'est la distribution des étoiles les plus anciennes (étoiles rouges), qui sont pour la plupart fort éloi-

La structure de l'Univers.
(D'après l'astronome EASTON.)



Plus on s'éloigne du pôle de la Voie lactée et plus les étoiles se montrent nombreuses.

gnées de ces régions peu avancées. Tous les Soleils de la Voie lactée doivent donc, en cette hypothèse, tourner à l'intérieur de leurs amas propres, et ces amas, à leur tour, sont sans doute animés de vitesses particulières qu'il est encore difficile de déterminer.

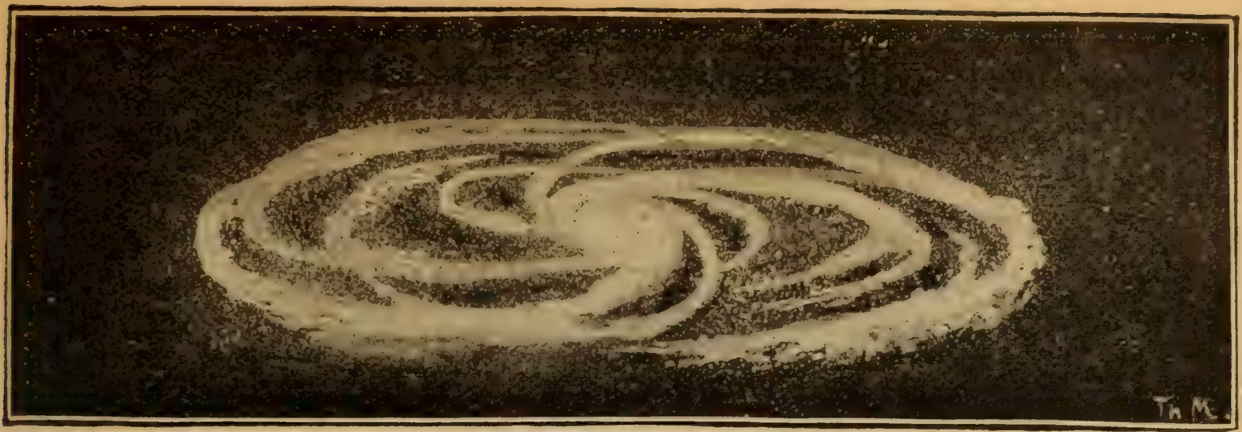
En tout cas, ce qui est certain, c'est que les nébuleuses ne sont pas, comme on le croyait encore récemment, d'autres Voies lactées situées à des distances fantastiques; la plupart d'entre elles sont plus rapprochées de nous que les faibles étoiles; ces nébuleuses ne forment pas des Univers distincts de celui dont nous faisons partie. Elles constituent la réserve des amas et des soleils futurs.

Pouvons-nous fixer l'endroit exact que nous occupons dans la partie centrale du monde?

Nos plaques photographiques ont-elles jaugé tous les espaces célestes? L'Univers que nous voyons s'étend-il toujours? Est-il infini, comme on le répète souvent?

La Science peut-elle nous donner son opinion sur ce point? C'est ce que nous allons voir dans un dernier chapitre.

Groupement des nébuleuses aux pôles de la Voie lactée.
(D'après Proctor.)



CHAPITRE X

L'UNIVERS EST-IL INFINI?

Lorsqu'on veut préciser la distance du Soleil au centre de notre Univers, nous ne savons sur quelles bases certaines appuyer nos calculs. Au moyen de considérations assez ardues, les astronomes évaluent néanmoins cette distance à 30 années de lumière au moins, à 600 ans au plus. Ces indications restent donc extrêmement vagues.

S'agit-il de fixer la distance des plus lointaines étoiles, l'indécision augmente encore.

Et d'abord une question préalable va se poser : Qu'appelons-nous dernières étoiles ? Après celles que nous voyons, y en a-t-il d'autres, puis d'autres encore, et ainsi de suite ? Quand nous arrêterons-nous ? Avons-nous d'ailleurs une raison de nous arrêter ? En d'autres termes, le nombre des étoiles est-il infini ?

Pour un philosophe, cette question n'a pas de sens. Un nombre est toujours une quantité *déterminée*. Quelque grand que vous supposiez un nombre d'objets réels, on pourrait parvenir à les compter.

Vouloir assembler le mot *nombre* et le mot *infini*, c'est commettre une absurdité, ou plutôt, c'est donner une signification a ce qui n'en a pas, c'est abuser du langage.

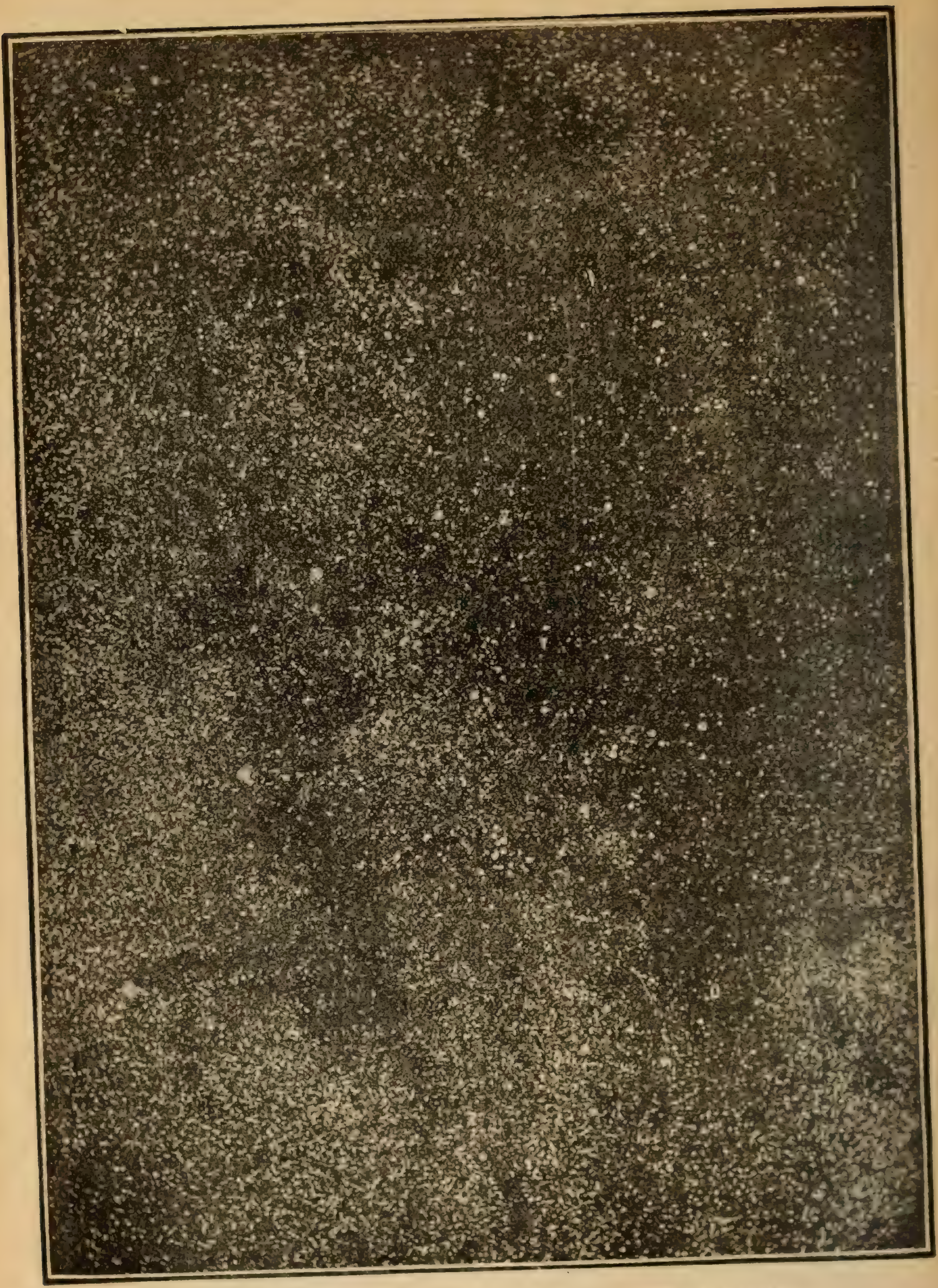
Alors, direz-vous, que veut dire le mot *infini* en mathématiques ? Ne rencontre-t-on pas à chaque instant dans les livres d'*Analyse* des phrases de ce genre : « Cette quantité croît jusqu'à l'infini », ou bien « ...devient infiniment petite ».

Oui, les mathématiciens emploient ce langage et ils ont tort, évidemment, mais ils le savent, et cela ne tire pas à conséquence; ils connaissent parfaitement la valeur du mot *infini*, qui, dans leur bouche, veut dire *indéfini*. Nos langues civilisées, ainsi que nos conventions, s'accommodent fort bien de mots dont la signification littérale ne correspond pas à ce qu'ils doivent désigner. Vous parlez souvent des mois de Septembre, Octobre, Novembre et Décembre. Or, ces mots, dérivés du latin, signifient, à proprement parler, septième, huitième, neuvième et dixième, alors qu'en réalité personne ne s'y trompe; tout le monde sait que ces expressions s'appliquent aux neuvième, dixième, onzième, et douzième mois.

De même pour le mot *infini*, qui veut dire *non fini* et qui, en Algèbre, en Géométrie, en Arithmétique, s'applique, non à des quantités *non finies* ou *infinies*, mais « non susceptibles de mesure ».

Un exemple très simple éclaircira cet apparent mystère.

Divisons 3 000, je suppose, par des nombres de plus en plus petits :



Photographie de la Voie lactée dans la constellation de Céphée.

3 000 divisé par 1 000 égale 3 unités.
3 000 divisé par 100 égale 30 unités.
3 000 divisé par 10 égale 300 unités.
3 000 divisé par 1 égale 3000 unités.

Nous voyons immédiatement que le résultat de notre division est un nombre augmentant au fur et à mesure. Nous n'avons aucune raison de nous arrêter; divisons toujours par des nombres de plus en plus petits, 1/10, 1/100, etc.

3 000 divisé par 1/10 égale 30 000.
3 000 divisé par 1/100 égale 300 000.

. . . .

Nous trouverions de même que 3 000 divisé par *un millionième* donnerait 3 milliards; en le divisant par *un milliardième*, nous obtiendrions 3 trillions.

Arrêtons là cet exercice fastidieux; nous pourrions le continuer indéfiniment sans autre profit que cette constatation : toutes les fois que nous divisons un nombre par des quantités de plus en plus petites, le quotient augmente de plus en plus.

Si le nombre qui est le diviseur tend vers zéro, le quotient tend à augmenter indéfiniment.

Les mathématiciens qui représentent l'infini par un 8 renversé (∞) expriment ce que nous venons de trouver par une formule qui s'écrit ainsi : $\frac{3\,000}{0} = \infty$.

Ce qui veut dire littéralement : « une quantité quelconque divisée par zéro égale l'infini »; mais cette expression mal interprétée serait abusive et fausse; il faut lire : « une quantité quelconque divisée par un nombre qui tend vers zéro donne un quotient croissant indéfiniment ».

Souvent, en Mathématiques, le mot *infini* est synonyme de *jamais*. On dit habituellement des parallèles qu'elles se rencontrent à l'infini; traduisez : « des parallèles ne se rencontrent jamais ».

Parfois aussi une ligne peut s'approcher constamment d'une autre sans jamais la rencontrer; elle s'appelle alors *asymptote*. On dit néanmoins que les deux lignes se rejoignent à l'infini.

En voici un exemple extrêmement simple; il a été imaginé, croit-on, par Nicomède, géomètre grec, vivant avant l'ère chrétienne.

Traçons avec une équerre un angle droit A B C; choisissons en dehors de cet angle un point O; de ce point, tirons des droites rayonnantes qui seront coupées par un des côtés de l'angle droit. Si maintenant, au delà de ce côté nous prenons des longueurs égales, nous obtenons des points 1, 2, 3, 4, etc., qui vont nous servir à tracer une courbe; c'est une *conchoïde*, parce que sa forme rappelle celle d'une coquille.

Eh bien, il est facile de voir que jamais cette courbe ne pourra rencontrer la droite A B. Vous aurez beau prolonger vos rayons partis de O, le point de la courbe sera toujours en dehors de la droite, bien qu'il s'en rapproche indéfiniment.

Nicomède avait même inventé un appareil, composé d'une sorte de T de dessinateur et d'une règle glissant sur ce T au moyen de rainures, pour tracer une portion de la courbe d'une façon continue.

On pourrait, à la suite des anciens géomètres, passés maîtres en ce genre d'exercices, multiplier indéfiniment ces exemples.

Ce que nous avons dit vous suffira pour mieux comprendre ce que l'on entend par *infini* en Géométrie.

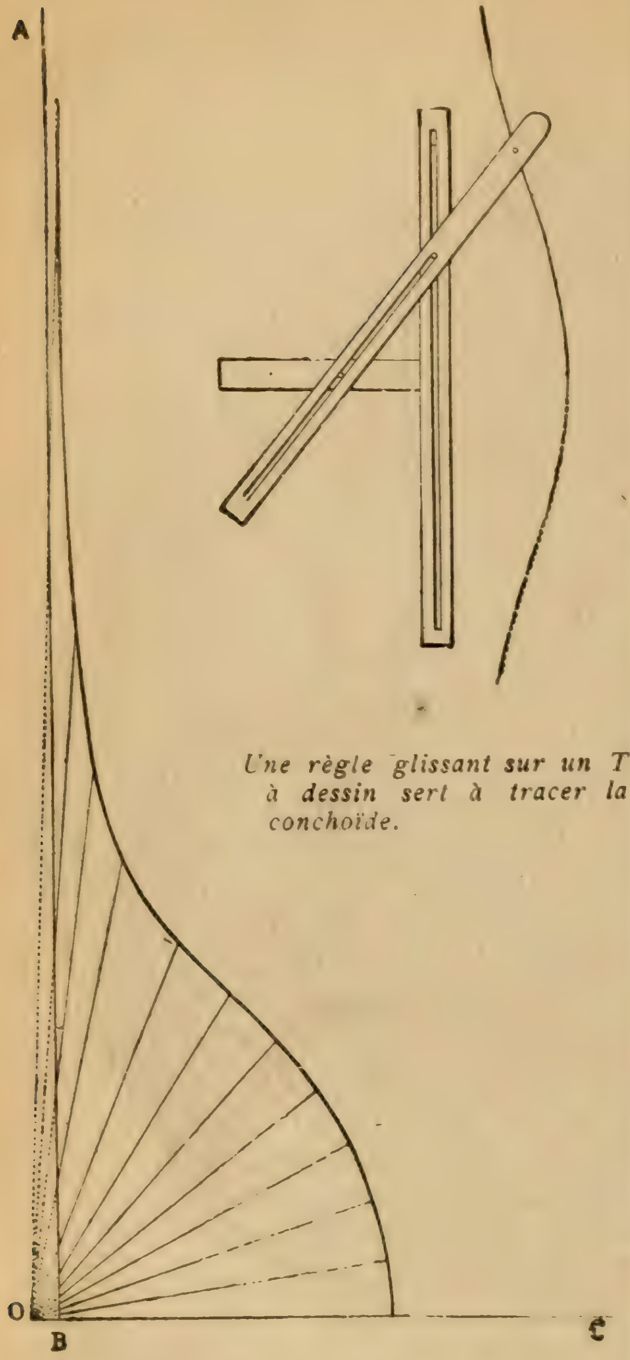
D'ailleurs, résumant cette intéressante question, M. Tannery, l'un des meilleurs mathématiciens de notre temps, écrivait : « La notion de l'infini, dont il ne faut pas faire un mystère en Mathématiques, se réduit à ceci : après chaque nombre entier il y en a un autre. »

L'infini mathématique n'est donc pas le vrai infini, car l'adjectif infini ne peut s'appliquer à un nombre; Dieu seul est infini.

Il ne peut donc exister un nombre infini d'objets quelconques. Une cause même toute-puissante ne saurait créer un nombre infini de poules, de renards, d'atomes ou d'étoiles. Et remarquez qu'en affirmant ceci, nous ne limitons pas la puissance divine; Dieu ne peut, ni vouloir les choses contradictoires, ni réaliser l'illogisme.

Qu'il y ait possibilité pour lui de créer

un nombre encore plus grand d'étoiles, je n'y contredis point, car j'ignore pour quelles raisons il s'est limité; mais que ce



Une règle glissant sur un T à dessin sert à tracer la conchoïde.

Cette courbe appelée conchoïde (voir le texte) ne pourra jamais rencontrer la droite verticale qu'elle côtoie; cependant elle s'en rapproche sans cesse.

nombre soit infini, je le répète encore une fois, ceci est absurde.

Si nous voulons rester sur le terrain strictement scientifique, notre question du début doit donc se changer en celle-ci :

Nos instruments ont-ils atteint la limite extrême de l'Univers? Pouvons-nous dans toutes les directions nous vanter d'avoir rencontré les dernières étoiles?

Pour difficile que soit le problème, on peut l'envisager comme ayant un sens nettement défini; il relève de l'expérience.

En étudiant le nombre des étoiles enregistrées par ordre d'éclat, il est facile de remarquer une augmentation progressive lorsque nous passons d'une grandeur à la suivante. Règle générale, il faut multiplier par 3,5 le nombre des étoiles d'une grandeur donnée pour trouver celui qui représente le total des astres de la grandeur immédiatement au-dessous. Le calcul donne environ 2 millions d'étoiles de la dixième grandeur, 7 millions de la onzième et ainsi de suite. Or, nous observons ou plutôt nous enregistrons sur nos plaques des étoiles de 18e grandeur. Si le taux d'accroissement est continu, nous devons arriver à un nombre total de 1 400 millions d'étoiles.

Et bien! ce nombre effrayant n'est pas confirmé par les « jauges » stellaires.

A partir de la dixième grandeur environ, cette loi d'accroissement progressif n'existe plus, il y a une diminution relative d'étoiles faibles.

La carte photographique du ciel contiendra, a-t-on dit, au grand maximum, 140 millions d'étoiles; nous voilà bien éloignés des 1 400 millions de tout à l'heure.

D'ailleurs, ce chiffre de 140 millions a été un peu lancé au hasard.

M. Stroobant a étudié dans ces derniers temps les clichés de la carte du ciel qu'on peut dès maintenant utiliser; les étoiles marquées sur les plaques ne dépassent pas, il est vrai, la quatorzième grandeur, mais déjà on sent que l'accroissement n'est pas progressif, et, d'après les mesures photographiques, en admettant qu'on ne dépasse pas la quatorzième grandeur, la carte ne contiendrait guère plus de 10 millions d'étoiles; c'est relativement peu.

Tout nous porte à croire, par conséquent, que même si nos instruments étaient plus puissants il n'y aurait plus d'astres visibles à partir d'une certaine grandeur.

Et, en fait, on ne voit pas précisément

pourquoi la plaque photographique ne donnerait pas les grandeurs inférieures à la dix-huitième; il suffirait d'augmenter le temps de pose. L'expérience a été faite bien des fois, nous allons en donner quelques exemples.

« Bien que le nombre des étoiles visibles dans les Pléiades, dit M. Wallace, croisse rapidement en proportion de la dimension du télescope employé, et que la photographie ait encore augmenté le nombre des étoiles dans ce groupe remarquable, on a découvert récemment qu'une longueur prolongée d'exposition au delà de trois heures ajoute très peu d'étoiles au nombre visible sur la photographie prise en 1885 à l'Observatoire de Paris, et sur laquelle on peut compter plus de deux mille étoiles. Même avec ce grand nombre d'astres sur un espace de ciel aussi restreint, il existe entre les points brillants des places vides relativement grandes, et un coup d'œil sur la photographie originale suffit pour montrer qu'il y aurait largement place pour bien des fois le nombre d'étoiles actuellement visibles. »

Les étoiles visibles à l'œil nu dans l'hémisphère boréal.

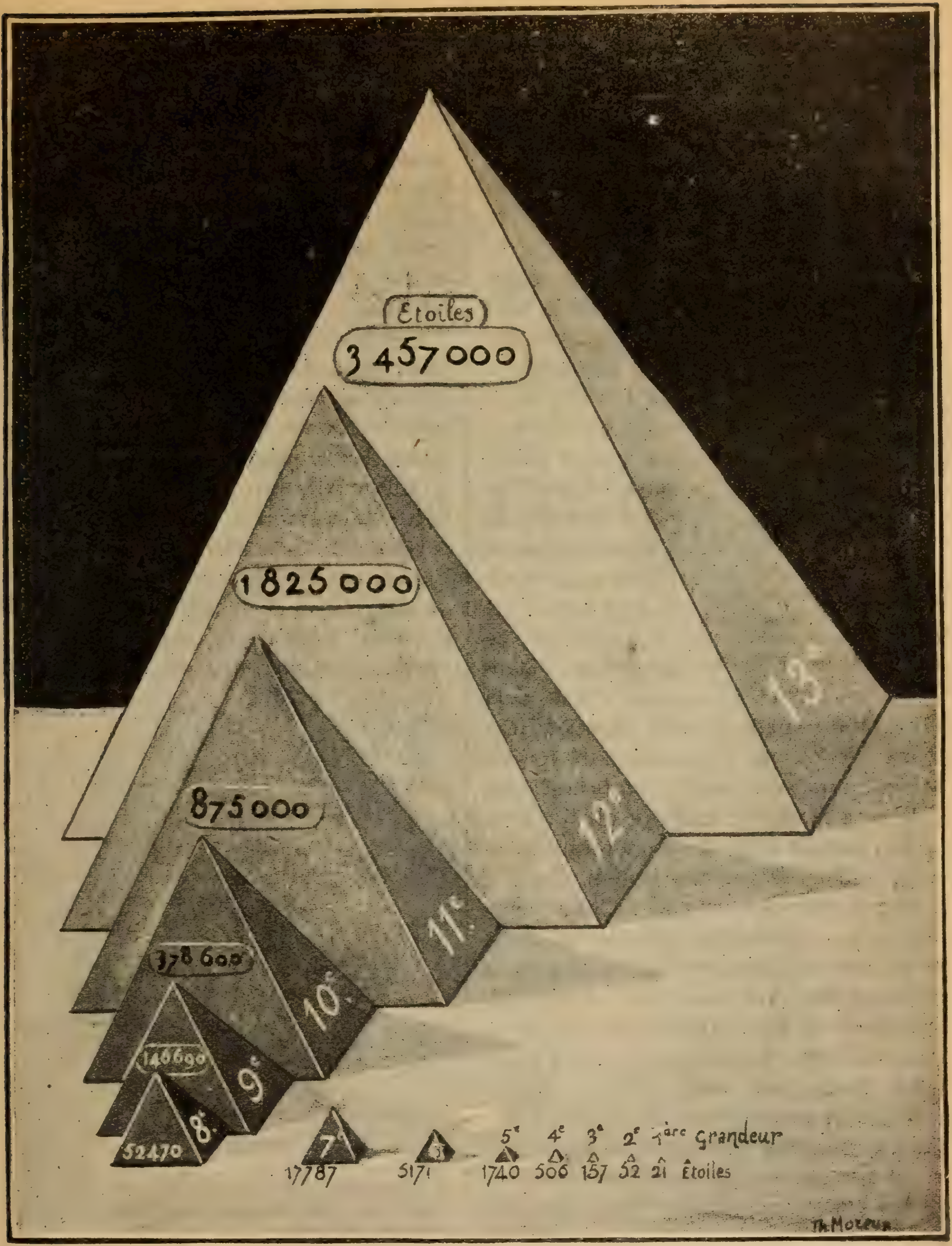
Le Dr Isaac Roberts, l'un des premiers qui aient sondé l'espace céleste au moyen de la photographie, arrive aux mêmes conclusions :

« Il y a onze ans, on prit des photographies de la grande nébuleuse d'Andromède au moyen du réflecteur de 50 centimètres de diamètre, et l'on exposa ces plaques durant des intervalles de quatre heures; sur plusieurs d'entre elles se fixèrent des pendant quatre heures ont été prises avec le réflecteur de 50 centimètres. Aucune extension des nébuleuses, aucune augmentation dans le nombre des étoiles ne se sont manifestées sur les dernières plaques à sensibilité rapide, par rapport aux pre-

Les étoiles visibles à l'œil nu dans l'hémisphère austral.

reproductions d'étoiles allant jusqu'à la dix-septième et la dix-huitième grandeur, ainsi que des nébuleuses d'un degré de faiblesse équivalent. Les pellicules des plaques obtenues à cette époque étaient moins sensibles que celles des cinq dernières années, et, durant cette période, les photographies des nébuleuses exposées mières plus lentes, bien que les reproductions d'étoiles, comme aussi des nébuleuses, acquièrent une densité plus grande sur les dernières plaques. »

Les résultats ont été les mêmes pour la nébuleuse d'Orion et pour les Pléiades. Même dans le Cygne, en pleine Voie lactée, des poses variant du simple au double



Le volume de ces pyramides est proportionnel au nombre d'étoiles de chaque grandeur, de la première à la treizième.

n'ont pas montré un plus grand nombre d'étoiles faibles.

A partir d'une certaine durée d'exposition, les plaques sensibles n'enregistrent plus rien. Nous sommes donc assurés que dans certaines parties du ciel, au moins, nous atteignons les limites mêmes de notre Univers.

En d'autres régions, surtout dans les parties les plus denses de la Voie lactée,

là où les étoiles se projettent les unes derrière les autres, il est bien difficile de savoir jusqu'où pénètre notre rayon visuel. mais évidemment, quelle que soit la grandeur du cercle galactique, il a une limite définie. En certains points même, nous avons de bonnes raisons de croire que les dernières étoiles ne dépassent pas la distance de 3 000 années de lumière. La lumière mettrait donc environ 6 000 années dans cette hypothèse pour traverser de part en part notre univers, qui n'aurait de ce fait que 60 quatrillions de kilomètres d'étendue. C'est déjà inimaginable, mais c'est une quantité finie.

Le Dr Isaac Roberts (1829-1904), astronome anglais célèbre par ses travaux de photographie stellaire.

Miss Clerke, qui a résumé en de remarquables ouvrages la conclusion de la science moderne à ce sujet, s'exprime ainsi :

« Le monde sidéral, selon toute apparence, nous présente un système fini. Il est à peu près certain que l'espace semé d'étoiles est de dimensions mesurables : car si l'on suppose que les étoiles sont innombrables, il en résulterait une somme de radiations sans limites, par laquelle l'obscurité serait bannie des cieux; l'inter-espace rendu lumineux par les rayons mélangés de soleils sans distinction individuelle possible, éblouirait nos faibles sens d'une monotone splendeur, à moins que la lumière ne subît quelque affaiblissement dans l'espace... »

Or, rien jusqu'à présent ne prouve que cette cause d'affaiblissement existe; Newcomb, l'un des premiers mathématiciens et astronomes du monde, avait envisagé longuement cette hypothèse, et sa conclusion était que toutes les raisons militent en faveur d'une transparence absolue de l'espace céleste. Seule, la présence de notre atmosphère pourra diminuer l'éclat des plus faibles étoiles.

« La collection d'étoiles que nous appelons l'Univers, dit-il, est d'une étendue limitée. Les plus petites étoiles que nous pouvons voir à l'aide des plus puissants télescopes ne sont pas, pour la plupart, plus distantes que celles qui sont plus brillantes; ce sont surtout des étoiles ayant moins d'éclat et situées dans les mêmes régions. »

« Si le système stellaire, ajoute-t-il plus loin, s'étendait indéfiniment, les cieux entiers seraient remplis d'une lumière aussi brillante que le Soleil, tandis que toutes les étoiles réunies ne donnent au grand maximum que la six-millionième partie de la lumière solaire. »

Nous pouvons nous demander maintenant si, au delà de ces millions de soleils, de ces millions de nébuleuses, il existe d'autres mondes, d'autres Univers; si, après avoir parcouru des espaces inimaginables, nos regards étonnés ne rencontreraient pas d'autres agglomérations de Voies lactées nouvelles.

S. Newcomb, né au Canada en 1835, mort en 1909, fut l'un des plus grands mathématiciens modernes.

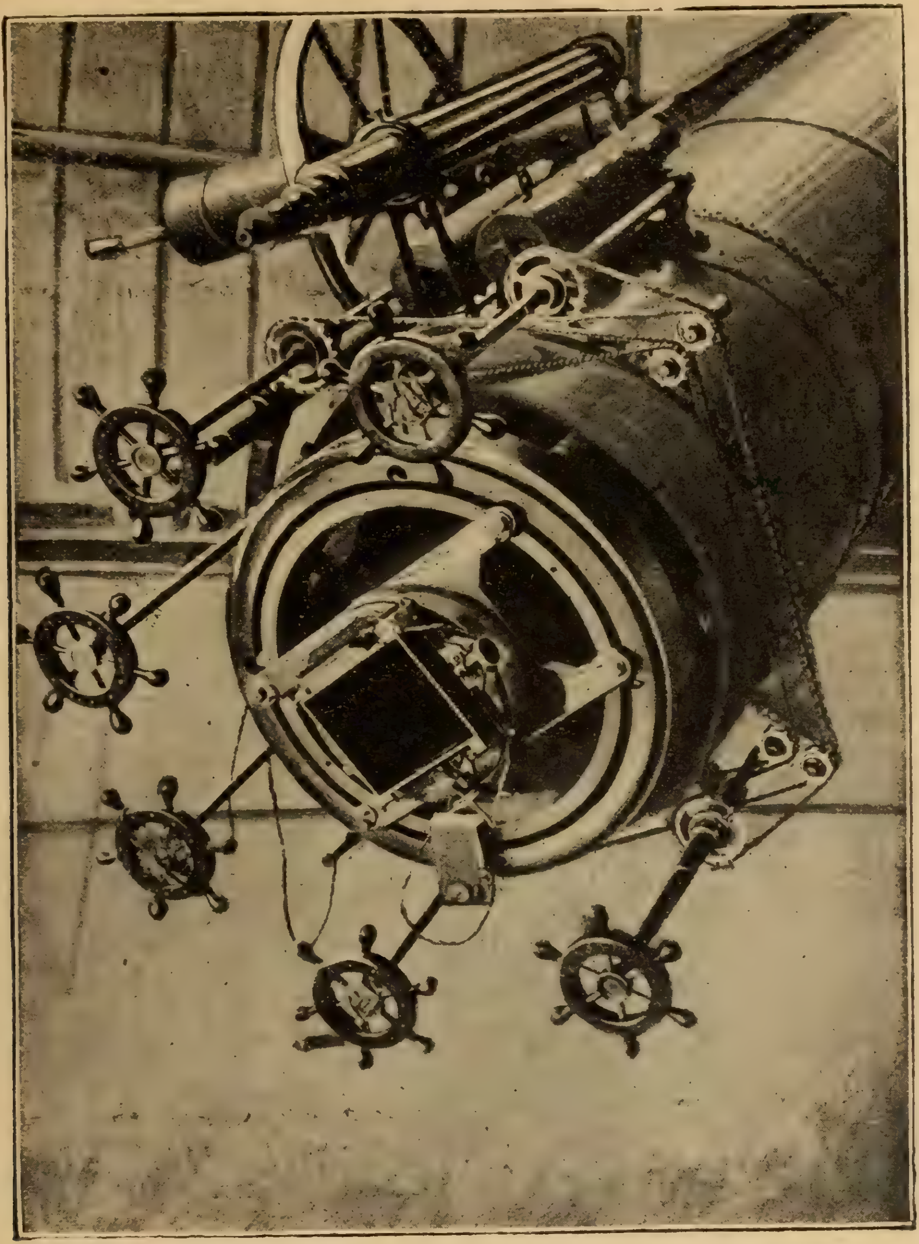
Ces questions, nous pouvons nous les poser évidemment; elles n'ont rien d'absurde en elles-mêmes; tout ce que nous pouvons dire cependant, c'est que rien

jusqu'ici ne nous autorise à concevoir de semblables hypothèses; ce sont des fantaisies à peine scientifiques, et rien autre.

Je sais bien que notre imagination toujours en éveil n'est jamais satisfaite. Au delà des dernières étoiles, nous essayons de concevoir des espaces sans fin, rêves chimériques provenant de ce que nous nous faisons généralement une idée fausse de l'étendue.

L'espace n'est rien en dehors de la substance matérielle, et de même que le temps ne saurait se concevoir sans quelque chose qui dure, de même l'espace n'existerait pas si la matière était anéantie.

Arrêtons ici ces questions d'ordre métaphysique, elles nous entraîneraient beaucoup trop loin; au reste, le champ que nous avons à explorer est immense, et, puisque nos sciences modernes ont réussi à pénétrer plus avant les grandes énigmes de la nature, sachons en profiter pour continuer nos conquêtes et admirer l'œuvre du Divin Architecte.



L'oculaire de la grande lunette de l'observatoire Yerkes.
(Le châssis photographique est mis en place pour une pose stellaire.)

Dieu infini de la Terre où j'étais, je n'avais pas compris le chant de David : « Les cieux racontent la gloire de Dieu, et

le firmament publie la magnificence de ses œuvres. » Mon esprit peut errer à travers les espaces, voler de monde en monde, frôler des soleils monstrueux, fournaises titanesques semblables au Chaos, se perdre au sein des nébuleuses phosphorescentes, assister à l'agonie des systèmes vieillis; des millions et des millions d'années ne lui suffiraient pas pour visiter ces splendeurs; mon âme extasiée ne se lasserait pas d'admirer cette profusion et cette variété de richesses, parce que c'est Toi qu'elle retrouverait partout et toujours.

Je suis est ton nom; cette création est ton œuvre, peut-être n'est-elle pas la seule, mais toutes, présentes, passées ou futures, ne sont rien en face de ton Etre; devant Toi, toutes sont comparables au néant; à peine est-ce un voile léger derrière lequel brille la lumière de tes infinies perfections...

Région nébulaire dans le Licorne.
(Cliché du Dr Isaac Roberts.)

OTTAWIENSIS

TABLE DES MATIÈRES

Chapitre I. — Où sommes-nous ? 5

Chapitre II. — Notre planète 13

Chapitre III. — La famille solaire 21

Chapitre IV. — La géographie du ciel 32

Chapitre V. — Notre amas stellaire 44

Chapitre VI. — Les révélations de la lumière 53

Chapitre VII. — L'âge des étoiles 61

Chapitre VIII. — La Voie lactée 71

Chapitre IX. — La structure de l'Univers 79

Chapitre X. — L'Univers est-il infini ? 85

La Bibliothèque
Université d'Ottawa
Échéance

The Library
University of Ottawa
Date due

a39003 004837281b

CE QB 0044
.M6C 1911
C01 MCREUX, THEC CU SOMMES-
ACC# 1290348

U D' / OF OTTAWA
COLL ROW MODULE SHELF BOX POS C
333 14 05 03 11 19 6